



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

LEANDRO VALLE SOARES

**A CONSTRUÇÃO DE EXPERIMENTOS PELOS ALUNOS DO ENSINO TÉCNICO
INTEGRADO AO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
NO CONTEXTO DE UMA MOSTRA ESCOLAR DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA.**

**VITÓRIA
2015**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

LEANDRO VALLE SOARES

**A CONSTRUÇÃO DE EXPERIMENTOS PELOS ALUNOS DO ENSINO TÉCNICO
INTEGRADO AO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
NO CONTEXTO DE UMA MOSTRA ESCOLAR DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto.

VITÓRIA
2015

LEANDRO VALLE SOARES

**A CONSTRUÇÃO DE EXPERIMENTOS PELOS ALUNOS DO ENSINO TÉCNICO
INTEGRADO AO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
NO CONTEXTO DE UMA MOSTRA ESCOLAR DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 21 de dezembro de 2015.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Flavio Gimenes Alvarenga
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Emmanuel Marcel Favre Nicolin
Instituto Federal do Espírito Santo

Prof.^a Dr.^a Mirian do Amaral Jonis Silva
Universidade Federal do Espírito Santo

A Karla e Pedro.

A Família que forjou meu caráter.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS que iluminou e continua iluminando minha trajetória, em especial nos momentos de dificuldade.

A minha querida esposa KARLA pela tolerância, compreensão e pelo presente PEDRO que veio ao mundo durante o desenvolvimento deste mestrado.

A minha família, avós, mãe, pai, tios e tias, que foram muito importantes na formação do meu caráter.

Ao meu orientador BRENO RODRIGUES SEGATTO, pela compreensão, apoio e coragem transmitida na orientação deste trabalho.

A LAÉRCIO FERRACIOLI professor e coordenador do Mestrado Profissional, pela sabedoria, comprometimento profissional, entusiasmo. Um exemplo de ser humano.

A todos os professores do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPF da Universidade Federal do Espírito Santo, pois foram importantes no meu período acadêmico.

Ao amigo GEOVANE DE ARAUJO CEOLIN pelas sugestões que contribuíram com este trabalho.

Aos alunos e amigos do mestrado profissional pela convivência e apoio que também contribuíram para este trabalho através de discussões e críticas construtivas.

Ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF pela oportunidade.

A Universidade Federal do Espírito Santo – UFES que sempre me acolheu.

A Sociedade Brasileira de Física – SBF pelo respaldo dado ao programa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior - CAPES pelo financiamento dos estudos por meio de bolsa concedida.

Ao INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO – IFES *campus* Guarapari pela liberdade e confiança no trabalho desenvolvido.

Aos meus alunos do IFES, sem eles este trabalho não seria possível.

“Está fadado ao fracasso todo método que tentar
fazer beber água o cavalo que não tem sede.”

Freinet

RESUMO

Este trabalho relata a busca de evidências de aprendizagem através da construção de experimentos por alunos e respectiva apresentação numa feira de ciências. A proposta foi aplicada em uma turma do ensino médio técnico do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) e contou com a participação de 30 alunos. Foi realizada uma análise preliminar das dissertações de três universidades, que tratam de experimentos de física para o ensino médio, Universidade do Espírito Santo (UFES), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Apontou a Aprendizagem Significativa como referencial mais abordado empatada com a Motivação. Para coleta de dados, foram utilizados: Mapas Conceituais antes e após a construção do experimento, pré e pós-teste, com “grau de segurança” das respostas dadas e avaliação discente. A análise dos dados teve enfoque qualitativo e quantitativo. Os resultados obtidos pela coleta de dados mostraram melhora na qualidade do Mapa Conceitual confeccionado após a utilização da proposta de construção do experimento, bem como a apropriação de novos conceitos de maior relevância conceitual. O pós-teste apresentou maior número de acertos e o grau de segurança revelou que os alunos estavam mais seguros das respostas que acertaram. O questionário de avaliação discente mostrou aumento da nota dada pelos alunos ao professor/mestrando, reflexo de uma atividade motivadora. Como os resultados corroboram com a ocorrência de aprendizagem significativa, podemos dizer que a proposta de construção do experimento, também chamada de intervenção, obteve êxito, para os conceitos relacionados à reflexão em espelhos e à transformação de energia.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Experimentos de Física. Ensino de Física.

ABSTRACT

This paper reports the searching for meaningful learning evidences from the construction of experiments proposal executed by the students and presented at a science fair. The proposal was applied to a group of technical high school of the Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Guarapari, and included 27 students. It was done a preliminary analysis of dissertations about physics experiment at the Universidade Federal do Espírito Santo(UFES), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS) and Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). It pointed Meaningful Learning as more approached reference, tied with Motivation. For data collection the Conceptual Maps were used before and after the construction of the experiments, pre and post test related to "safety degree" and its respective answers, besides student assessment. Data analysis was mainly qualitative approach. The results obtained by data collection showed improvement in the quality of the Conceptual Map made after the usage of the proposal and an appropriation of new and greater concepts. The post test took more hits after using the proposal and the safety degree revealed that the students were safer, based on their answers. The student evaluation questionnaire indicated increasing of the grade given by the students to the professor/master student who applied the proposal. It may be a reflection of a motivating activity. Based on the results that are presented about the analysis of the cases of significant learning, we can say that the construction of experiments proposal, also called the intervention, was successful. At least concerning to the concepts related to reflection mirrors and energy transformation.

Key Words: Meaningful Learning. Physics experiments. Physical education.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: NÚMERO DE CERTO POR QUESTÃO ANTES E APÓS A INTERVENÇÃO PARA O CONCEITO DE ESPELHO CÔNCAVO.	47
GRÁFICO 2: NÚMERO DE CERTO ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO SOBRE CONCEITOS DE ENERGIA.	52
GRÁFICO 3: TOTAL GERAL POR ITEM ANALISADO ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO.	57
GRÁFICO 4: DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DOS CRITÉRIOS DE UM DOS ITENS AVALIADOS.	60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: RELAÇÃO DOS TRABALHOS SELECIONADOS PELO PROFESSOR/MESTRANDO PARA ANÁLISE DOS REFERENCIAIS TEÓRICOS ABORDADOS.	15
TABELA 2: REPRESENTA OS REFERENCIAIS ANALISADOS NAS DISSERTAÇÕES QUE TRATAM DE EXPERIMENTOS FÍSICOS. S = REFERENCIAL PRESENTE NA DISSERTAÇÃO; N = REFERENCIAL NÃO PRESENTE OU NÃO RELACIONADO AO ALUNO.	17
TABELA 3: A ESCOLHA DE UM ITEM REPRESENTA GRAU DE SEGURANÇA PARA CADA RESPOSTA.	44
TABELA 4: QUANTIDADE DE CERTO E ERRADO POR ALUNO E QUESTÃO, ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO. .	46
TABELA 5: ALGUMAS CONVERSÕES CONHECIDAS ATÉ O SÉCULO XIX.	53
TABELA 6: NAS COLUNAS OS DADOS POR QUESTÃO ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO, NA HORIZONTAL A SOMA DE CERTO E ERRADO.	56
TABELA 7: AVALIAÇÃO DISCENTE POR ITEM AVALIADO E AS MÉDIAS ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO.	59
TABELA 8: CÁLCULO DA MÉDIA POR ITEM.	60
TABELA 9: DIFERENÇA ENTRE PROPOSIÇÕES E CONCEITOS VÁLIDOS, ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO.	61
TABELA 10: EVOLUÇÃO DE CONCEITOS DO MCII EM RELAÇÃO AO MCI.	64
TABELA 11: CONCEITOS CITADOS E NÚMERO DE CONCEITOS CITADOS ANTES E DEPOIS DA INTERVENÇÃO. ...	66

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA PROPOSTA POR MOREIRA DO CONTÍNUO DE APRENDIZAGEM E A ZONA CINZA ENTRE ELAS.	21
FIGURA 2: MODELO DE ESTRUTURA DE UM MAPA CONCEITUAL PROPOSTO POR FERRACIOLI (2007).	24
FIGURA 3: CENÁRIO QUE MOSTRA A EVOLUÇÃO DO QUANTITATIVO DAS UNIDADES DE ENSINO DA REDE FEDERAL NO DECORRER DOS ANOS	33
FIGURA 4: RESPOSTA DADA PELO ALUNO V9 NO PRÉ-TESTE.	49

FIGURA 5: A ESQUERDA A RESPOSTA DADA PELO ALUNO V15 E A DIREITA PELO ALUNO V29, AMBAS AS RESPOSTAS DO PRÉ-TESTE.....	49
FIGURA 6: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS RAIOS LUMINOSOS EM UM ESPELHO CÔNCAVO.....	50
FIGURA 7: DIAGRAMA DE RAIOS PRINCIPAIS PARA O ESPELHO CÔNCAVO.	50
FIGURA 8: RESPOSTA DA 3ª QUESTÃO DO PRÉ-TESTE APRESENTADA PELO ALUNO V32.	53
FIGURA 9: RESPOSTA DADA A 4ª QUESTÃO DO PRÉ-TESTE PELO ALUNO V6.....	54
FIGURA 10: RESPOSTA DADA PELO ALUNO V11 A 4ª QUESTÃO DO PRÉ-TESTE.....	55
FIGURA 11: A ESQUERDA O MAPA CONCEITUAL DO CONFECCIONADO ANTES DA INTERVENÇÃO E A DIREITA APÓS A INTERVENÇÃO, AMBOS DO ALUNO V14. NOTA-SE A APROPRIAÇÃO DE NOVOS CONCEITOS.	62

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: CATEGORIA DE ANÁLISE DE HIERARQUIA, DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA	28
QUADRO 2: CATEGORIA DE ANÁLISE DA QUALIDADE DO MAPA CONCEITUA.....	29
QUADRO 3: CRITÉRIOS QUANTITATIVOS UTILIZADOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DOS MAPAS CONCEITUAIS	29

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Organização da dissertação	18
2. REFERENCIAL TEORICO	20
2.1 – Aprendizagem significativa	20
2.2 – Mapa Conceitual	23
2.3 – Motivação	30
3. METODOLOGIA.....	32
3.1 Metodologia.....	32
3.2 Objetivos e Métodos.....	33
3.2.1 Objetivos.....	33
3.2.2 Métodos	33
3.3 Local, contexto e amostragem da pesquisa.....	33
3.4 Delimitação do trabalho.....	35
3.4.1 Definição dos experimentos.....	35
3.5 As ferramentas de verificação	36
3.5.1 Introdução ao mapa conceitual	36
3.5.2 Pré e Pós-teste	37
3.5.3 Grau de segurança	43
3.5.4 Sequência de aplicação das ferramentas avaliativas	44
4. ANALISE DOS DADOS	45
4.1 - Análise de dados do Pré-teste e pós-teste	45
4.2 – Grau de segurança.....	55
4.3 – Motivação	58
4.4 – Mapas Conceituais.....	61
CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS	70
ANEXOS.....	73
APÊNDICES.....	81

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Os Institutos Federais (IF) são, em grande parte, derivados das antigas Escolas Técnicas Federais e têm como característica formar mão de obra qualificada para o mercado de trabalho. A qualidade de ensino é reconhecida nacionalmente, a tal ponto que muitos jovens fazem um curso técnico integrado ao ensino médio com a finalidade de cursar um ensino médio que melhor os qualifique para acesso a uma universidade. Outros alunos, após a conclusão do curso, passam a atuar efetivamente no mercado de trabalho, exercendo funções técnicas para as quais foram preparados e, muitos deste grupo, também buscam acesso a um curso superior. Nesse ambiente de ensino técnico integrado, surge uma nova oportunidade de aplicar métodos alternativos que promovam a aprendizagem significativa, podendo o conhecimento ser obtido através da construção de experimentos e utilização de recursos tais como a biblioteca, pátios, salas ociosas e laboratórios.

De acordo com Santos (2008) existe uma série de atitudes que o professor necessita ter para colaborar com uma aprendizagem significativa, a saber: redução de soluções prontas, desafios aos alunos, aprofundamento da aprendizagem.

Neste mesmo pensamento, Ronca (1996), questiona o que o aluno faz enquanto o professor leciona. Para Santos (2008), o aluno deve ser protagonista da aprendizagem, por isso “pare de dar aulas”. A construção de experimentos por parte do aluno tem por objetivo propiciar que os alunos participem da construção do conhecimento.

Para o autor (ibid.), a aprendizagem é fruto do esforço na busca de uma solução que satisfaça o problema e estabeleça novamente o equilíbrio. Dessa forma, o autor (ibid.) propõe “pare de dar respostas!” O autor (ibid.) destaca que o docente deve provocar a instabilidade cognitiva dos alunos, procurando novas formas de desafiar

os alunos, pois, quanto mais eles aprendem, mais capacidade tem de aprender. O experimento permite que o aluno descubra e se sinta desafiado, criando condições que despertem o interesse em aprender significativamente.

Evitar dar tantas instruções significa para o autor (ibid.) formar menos seguidores de instruções, significa dar autonomia ao aluno, porém, sem deixar de ser o mediador do processo, fornecendo instruções necessárias, incentivando e questionando. Para ele, partir daquilo que o aluno já sabe pode elevar a autoestima, pois, valoriza aquilo que ele já sabe. Promover a interação eleva a autoestima, além de estimular a ampliação de ideias e o teste de hipóteses pessoais.

Todos esses elementos de comportamento parecem estar de acordo com o desenvolvimento de uma proposta alternativa de aprendizagem significativa, através da construção de experimentos, o que impulsionou o desenvolvimento dessa dissertação.

Para dar continuidade ao pensamento de aprendizagem através da construção de experimentos, realizamos um estudo preliminar para verificar os temas em 85 dissertações dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)¹, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS)² e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)³.

Das oitenta e cinco (85) dissertações encontradas nos sítios eletrônicos dos Programas de Pós-Graduação selecionamos onze (11) as que estão relacionadas a alguma atividade experimental. A tabela 1 relaciona os trabalhos selecionados para análise dos temas abordados. Alguns temas que se espera encontrar nessa análise, a saber: Construção do experimento pelos alunos, Aprendizagem Significativa, Concepções Alternativas, Transposição Didática, Motivação e Mapas Conceituais.

Disponível em:

¹ <http://www.ensinodefisica.ufes.br/pos-graduacao/PPGEnFis/disserta%C3%A7%C3%B5es-defendidas>

² http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/mostra_trabalhos.php?curso=1

³ http://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes.html

UFES		
(2 dissertações selecionadas dentre 17 analisadas)		
Autor	Título	Defesa
João Maurício Zandomênic	Uma proposta de realização de uma feira científica de física em uma Escola de Ensino Médio	31/07/2014
Jeferson Ney	A Utilização Combinada De Experimentos Demonstrativos, Vídeos e Simulações Computacionais No Ensino Da Física: Um Estudo Exploratório No Contexto De Aulas Expositivas	24/07/2014
UFRGS		
(3 dissertações selecionadas dentre 19 analisadas)		
Angelo Mozart Medeiros de Oliveira	Análise da Relação de Estudantes com as Atividades experimentais de Eletromagnetismo utilizando o Vê de Gowin em Contraposição ao Relatório Tradicional	26/07/2011
Leonardo Albuquerque Heidemann	Crenças e atitudes sobre o uso de Atividades Experimentais e Computacionais no Ensino de Física por parte de Professores do Ensino Médio	17/03/2011
Eliane Cappelletto	O vê de Gowin conectando teoria e experimentação em Física geral: questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo	27/3/2009
UFRJ		
(6 dissertações selecionadas dentre 50 analisadas)		
Leonardo Sampaio Motta	Estática de corpo extenso: uma abordagem experimental	10/12/2014
Leonardo Pereira Vieira	Experimentos de Física com <i>Tablets</i> e <i>Smartphones</i>	08/10/2013
Marcos Paulo da Cunha Martinho	O experimento de Ptolomeu: uma introdução ao estudo da refração luminosa	24/09/2013
Geraldo Claret Plauska	Experimento e aprendizagem: Uma aula introdutória à mecânica de fluidos	29/01/2013

Sergio Tobias da Silva	Propagação do som: conceitos e experimentos	18/03/2011
Anderson Ribeiro de Souza	Experimentos em ondas mecânicas	24/02/2011

Tabela 1: Dissertações selecionadas para análise dos referenciais teóricos abordados.

No trabalho de Zandomênic (2014) temos como referencial teórico “algumas discussões sobre as feiras de ciências”, “transposição didática”, “atividades com experimentos” e “motivação”. Segundo o autor, a Feira de Ciências (FC) pode ser considerada como *locus* intermediário entre o espaço formal e o espaço não formal de educação, criando uma ponte de ligação dialética entre ambos” (ZANDOMÊNICO, 2014, p. 25). Ele analisa a Transposição Didática (TD) relacionada a uma FC, aborda aspectos como a motivação e construção do experimento como itens importantes na transformação do conhecimento. Em seu trabalho, Zandomênic não analisa a análise de aprendizagem significativa, Mapas Conceituais (MC) e concepções alternativas nos experimentos propostos.

Em Ney (2014), observa-se a motivação como ponto recorrente, estimulada principalmente pelas atividades demonstrativas e simulações computacionais. Em seu trabalho, a construção do experimento não é feita pelo aluno, e a avaliação é feita por questionários. Portanto, a TD não é mencionada e, apesar de uma atividade experimental, a aprendizagem significativa não é explorada.

No trabalho de Oliveira (2011), os alunos interagem diretamente com experimento, todavia, eles não foram responsáveis por sua confecção. O autor aborda de forma superficial a não motivação de um aluno ou outro, mesmo não estando em seu referencial teórico. Ele analisa aspectos relevantes da aprendizagem significativa, sobretudo por tratar-se do seu referencial teórico mais relevante.

Em seu referencial teórico, Heidemann (2011) destaca a necessidade da formação do professor em prática de ensino, mas apresenta crítica quanto à atividade experimental tradicional, por levar muito tempo de preparação e possuir roteiros “fechados”, com pouca ou nenhuma liberdade. Em seu trabalho, Heidemann não leva em conta a construção do experimento pelo aluno, pois trata de uma visão geral da atividade experimental, não tendo como contexto o próprio experimento. A

motivação é mencionada quando associada à Teoria do Comportamento Planejado (TCP), não ligada, portanto, diretamente ao aluno. A Aprendizagem Significativa aparece como algo oportunizado pela Atividade Computacional.

A dissertação de Cappelletto (2009) trata de trabalho experimental em laboratório e apresenta crítica ao modelo imposto, por se tratarem de atividades repetitivas e maçantes. Segundo a autora, existe um distanciamento entre o conteúdo aprendido em sala e as aulas experimentais. Nesse contexto, a autora apresenta o V de Gowin como elemento de conexão entre a teoria e o experimento. No referido trabalho, os experimentos não são confeccionados pelos alunos e a transposição didática não aparece. Por outro lado, a aprendizagem significativa é destacada no trabalho, bem como Concepções Alternativas. O Mapa Conceitual é utilizado como instrumento metacognitivo na preparação das aulas.

Apesar de tratar de um experimento, o mesmo não fora construído pelos alunos no trabalho de Motta (2014). A Motivação para realização do trabalho foi do próprio autor. Não se verifica no referido trabalho, nenhum outro elemento descrito em atividades experimentais, tais como: Mapas Conceituais, Transposição Didática, Concepções Alternativas e Aprendizagem Significativa.

Do excelente trabalho de Vieira (2013), não foi possível perceber nenhum dos elementos anteriores, a saber: Mapas Conceituais, Transposição Didática, Concepções Alternativas, Aprendizagem Significativa, construção do experimento pelo aluno e Motivação. O mesmo ocorre os trabalhos de Martinho (2013) e Silva (2011).

Plauska (2013), afirma que as aulas experimentais possibilitam um ambiente de aprendizagem significativa, todavia, nada mais é dito sobre o assunto. A motivação aparece como reflexo da atividade experimental, ou seja, a realização dessa atividade deixa o aluno motivado. Nenhum dos demais elementos analisados é encontrado na referida obra.

Apenas as Concepções Alternativas aparecem referenciadas em Souza (2011) e, assim como muitos outros, apesar de se tratar de experimentos, as mesmas não foram confeccionadas pelos alunos.

É importante ressaltar, nesse momento, que os levantamentos feitos aqui não condicionam a classificação de qualidade de qualquer obra aqui citada. Trata-se, meramente, de coleta de dados que darão suporte teórico à confecção desta dissertação de mestrado.

A tabela a seguir sintetiza os aspectos teóricos abordados nas dissertações avaliadas.

TEMAS ANALISADOS						
AUTORES	Construção do experimento pelos alunos	Aprendizagem Significativa	Concepções Alternativas	Transposição Didática (TD)	Motivação	Mapas Conceituais (MC)
Zandomênic (2014)	S	N	N	S	S	N
Ney (2014)	N	S	S	N	S	N
Oliveira (2011)	N	S	N	N	N	N
Heidemann (2011)	N	S	N	N	N	N
Cappelletto (2009)	N	S	S	N	S	S
Motta (2014)	N	N	N	N	N	N
Vieira (2013)	N	N	N	N	N	N
Martinho (2013)	N	N	N	N	N	N
Plauska (2013)	N	N	N	N	S	N
Silva (2011)	N	N	N	N	N	N
Souza (2011)	N	N	S	N	N	N
Total de S	1	4	3	1	4	1

Tabela 2: Representa os referenciais analisados nas dissertações que tratam de experimentos físicos. S = referencial presente na dissertação; N = referencial não presente ou não relacionado ao aluno.

É possível verificar na tabela que, dos temas analisados, cada dissertação da UFES analisa três (3) referenciais; para as dissertações provenientes da UFRGS, em duas dissertações está presente pelo menos um referencial, enquanto uma única dissertação aborda quatro referenciais. Mesmo possuindo seis dissertações na análise, a UFRJ possui apenas duas dissertações com apenas um dos referenciais citados e as demais apontam nenhum referencial.

Apesar das diferenças, podemos perceber que, no conjunto de trabalhos analisados, cada referencial é abordado pelo menos uma vez. Os referenciais mais destacados foram:

- Aprendizagem Significativa e Motivação – 4 abordagens cada.
- Concepções Alternativas – 3 abordagens.
- Construção dos Experimentos, Transposição Didática e Mapa Conceitual – 1 abordagem cada.

Do estudo realizado, observa-se que os referenciais teóricos e ferramentas de verificação desta dissertação, estão consoantes com o que vem sendo publicada em dissertações que analisam de alguma forma, a construção de experimento.

1.1 Organização da dissertação

Para melhor situar o leitor, esta dissertação foi dividida em seis (6) capítulos e um apêndice.

O Capítulo I, **Introdução**, apresenta ao leitor o contexto da pesquisa, bem como o propósito do trabalho e a justificativa dos referenciais adotados, que serão desenvolvidos no decorrer da dissertação, e a organização dos capítulos.

No Capítulo II, temos o **Referencial Teórico**, onde são apresentadas sínteses das teorias apontadas na pesquisa bibliográfica do capítulo I e exploradas no desenvolvimento deste trabalho.

O Capítulo III, da **Metodologia**, descreve como foi realizada a investigação para o desenvolvimento desta pesquisa. A abordagem metodológica do processo, dos elementos de coleta e a forma de análise dos dados.

Já o Capítulo IV trata da **Análise dos Dados** dos métodos adotados no capítulo anterior, apresentando o resultado dessas análises decorrente do desenvolvimento do trabalho. Foram analisados os mapas conceituais antes e depois da intervenção, o pré e o pós-teste, o grau de segurança das respostas e a motivação do aluno, através da avaliação discente.

O Capítulo V apresenta a **Conclusão** dos dados analisados no capítulo anterior, buscando responder os objetivos centrais e gerais dessa dissertação. Apresenta também uma contribuição àqueles que venham a utilizar o produto educacional.

No Capítulo VI, estão as **Referências Bibliográficas** utilizadas no desenvolvimento desse trabalho.

O **Apêndice** vem ao final, trazendo o produto educacional desenvolvido durante a pesquisa, e trata do desenvolvimento de experimentos como promovedores da aprendizagem significativa.

CAPÍTULO II

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 – Aprendizagem significativa

A Aprendizagem Significativa (AS) é a aprendizagem com significado, tem como precursor os trabalhos de David Ausubel (1918-2008). Ela ocorre quando um conceito novo se liga a um conceito já existente no sistema cognitivo prévio do aluno. Este conhecimento chamado por Ausubel (2003) de subsunçor. O subsunçor, conhecido também como conhecimento prévio, é denominado o fator de maior relevância na aprendizagem significativa. Assim, quando conceitos novos são relacionados a eles na estrutura cognitiva, de forma substantiva e não arbitrária, o conhecimento prévio fica mais amplo, rico e elaborado em termos de significados. Dessa forma, o novo aprendizado só ocorre sobre aquilo que já conhecemos.

Em contraponto a AS, existe a alternativa da memorização, conhecida como Memorística ou Aprendizagem Mecânica (AM). Para o autor (ibid.), essa técnica só deve ser usada para o indivíduo que não possui subsunçores, ideias âncoras, que se relacionem com as novas informações. Porém, a AM é justificada apenas no aprendizado inicial, pois, uma vez possuindo esse conhecimento inicial, ele servirá de âncora para as demais aprendizagens. De acordo com Moreira (1999, p.154), a aprendizagem mecânica pode ser aplicada quando o indivíduo adquire informações totalmente novas de sua área. Assim, esse indivíduo usa essa nova informação como subsunçor, para ancorar novas informações cada vez mais elaboradas.

Para Ausubel (2003), a AS e AM não são dicotômicas, mesmo existindo diferença entre elas. Para Moreira (2011), a AS e AM “estão ao longo de um mesmo contínuo”, “há uma zona cinza entre elas”, “transposta pelo ensino potencialmente significativo”.

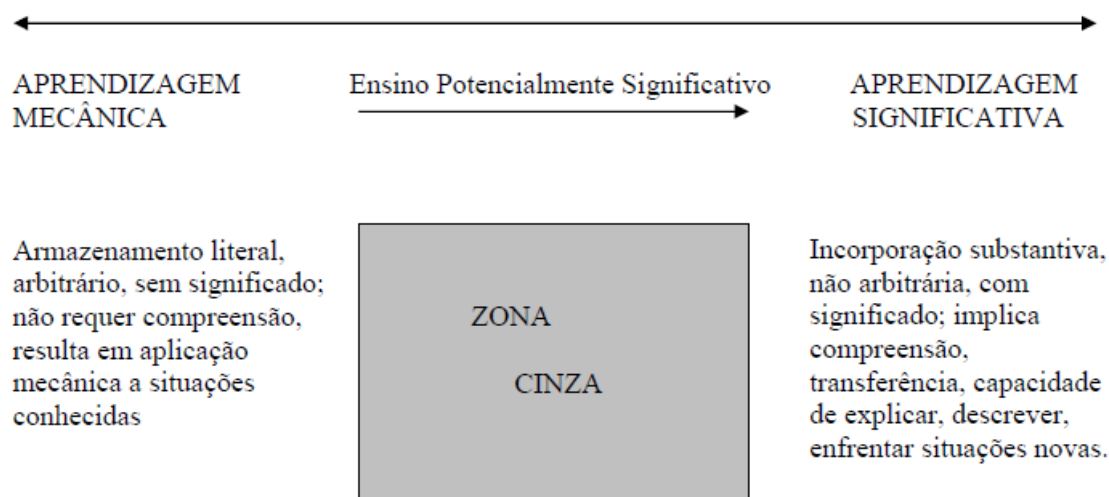


Figura 1: Representação esquemática proposta por Moreira do contínuo de aprendizagem e a zona cinza entre elas.

Para Ausubel (2003), a AS apresenta um caráter progressivo, ou seja, à medida que ocorre a interiorização de novos significados, eles vão se sucedendo em escalas de complexidade, progressivamente. Assim, o conhecimento prévio é a variável isolada mais importante na promoção da AS, de tal forma que ele pode ser alterado pela aprendizagem de novos conceitos, também pela reformulação dos próprios conhecimentos prévios.

A aprendizagem por recepção significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir de material de aprendizagem apresentado. Exige quer um mecanismo de aprendizagem significativa, quer a apresentação de material *potencialmente* significativo para o aprendiz. Por sua vez, a última condição pressupõe (1) que o próprio material de aprendizagem possa estar relacionado de forma *não arbitrária* (plausível, sensível e não aleatória) e *não literal* com *qualquer* estrutura cognitiva apropriada e relevante (i.e., que possui significado ‘lógico’) e (2) que a estrutura cognitiva *particular* do aprendiz contenha ideias *ancoradas* relevantes, com as quais se possa relacionar o novo material. A interação entre novos significados potenciais e ideias relevantes na estrutura cognitiva do aprendiz dá origem a significados verdadeiros ou psicológicos. Devido à estrutura cognitiva de cada aprendiz ser única, todos os novos significados adquiridos é também eles, obrigatoriamente únicos (AUSUBEL, 2003, p. 1).

Contudo, são colocadas três condições para a ocorrência da AS segundo Ausubel (2003), a saber:

- O material de ensino e aprendizagem deve ser “potencialmente significativo”.

- O novo conteúdo precisa se relacionar de forma não arbitrária e substantiva com o subsunçor que o aluno possui.
- O aluno precisa ter predisposição para aprender de forma não arbitrária e substantiva.

Os princípios programáticos facilitadores da AS devem ser levados em conta pelo professor na hora de planejar sua estratégia de aula, ou seja, o professor deve estar atento ao conteúdo e às formas de organização desse conteúdo no sistema cognitivo do aluno. Cada um desses princípios está destacado a seguir:

- Diferenciação Progressiva – as ideias mais gerais e inclusivas devem ser apresentadas desde o início da instrução e progressivamente ser diferenciada em termos de dificuldade e detalhes e especificidade. Aquilo que é mais importante deve ser introduzido desde o início.
- Reconciliação Integradora – deve explorar relações entre conceitos e proposições, chamar atenção para semelhanças e diferenças e reconciliar em consistências reais e aparentes.
- Organização Sequencial – sequenciar os tópicos ou unidades de ensino tanto coerente quanto possível observando os princípios programáticos de diferenciação progressiva e de reconciliação integradora, levando em conta as relações de dependência entre elas na matéria de ensino.
- Consolidação – respeitara a progressividade de ensino insistindo no domínio do que está sendo estudado antes de progredir com novos conhecimentos. Faz parte desse princípio a ideia de que a variável mais importante para o conhecimento seguinte é o conhecimento prévio (ibid.)

Assim, podemos considerar que, para que haja aprendizagem não arbitrária e não literal, se faz necessário o uso de um material potencialmente significativo e que aspectos mais amplos e relevantes sejam trabalhados desde o início, para proporcionar a ocorrência da diferenciação progressiva em profundidade e especificidade e, com isso, promover a busca de relações entre conceitos e proposições, com intuito de apontar similaridades ou diferenças através da reconciliação integradora (Moreira 1999). De acordo com o autor (ibid.), para constatar a AS, o aluno deve demonstrar a posse dos novos conhecimentos, com uma avaliação que apresente situações novas e não familiares, em que possa transferir seus conhecimentos.

Por outro lado, Moreira (2011a) admite que a AS é subjacente a construção humana:

Nas seções anteriores tentei mostrar que se pode falar em aprendizagem significativa em distintos referenciais teóricos construtivistas. Podemos imaginar a construção cognitiva em termos

dos subsunçores de Ausubel, dos esquemas de (ação) assimilação de Piaget, da internalização de instrumentos e signos de Vygotsky, dos construtos pessoais de Kelly ou dos modelos mentais de Johnson-Laird. Creio que em qualquer destas teorias tem sentido falar em aprendizagem significativa. Não vejo problema em pensar que o resultado da equilibração majorante é uma aprendizagem significativa ou que a conversão de relações pessoais em processos mentais, mediada por instrumentos e signos e via interação social, resulte em aprendizagem significativa. Também não vejo dificuldade em interpretar como aprendizagem significativa a construção de modelos mentais ou de construtos pessoais; tanto uns como outros implicam dar significados a eventos ou objetos (ibidi.).

Dessa forma, podemos admitir a AS como base de sustentação de várias teorias de aprendizagem e, com isso, utilizar outro mecanismos senão o de Ausubel, para inferir na sua ocorrência. Como exemplo, podemos citar o mapeamento conceitual proposto por Novak em 1972, melhor apresentado na próxima seção.

2.2 – Mapa Conceitual

O Mapa Conceitual (MC) foi proposto por Novak em 1972 e fora desenvolvido na Universidade de Cornell nos Estados Unidos da América, juntamente com seu grupo de pesquisa que analisou, durante 12 anos, as mudanças conceituais no ensino de ciências (NOVAK; MUSSONDA, 1991 *apud* CICUTO; CORREIA, 2013, p.1).

Naquela época, o MC fora utilizado para representar visualmente as relações conceituais estabelecidas por alunos ao longo da escolarização básica (CICUTO; CORREIA, 2013).

A “Teoria da Assimilação por meio da aprendizagem e da retenção de significados” foi proposta por Ausubel em 1963 e, com ela, a tentativa de compreender o processo cognitivo durante a aquisição de novo conhecimento (CICUTO, CORREIA, 2013).

“Desta forma, é correto afirmar que a Teoria da Assimilação por meio da Aprendizagem e da Retenção Significativas foi o referencial teórico subjacente à proposição do mapeamento conceitual, que ocorreu em 1972” (CICUTO, CORREIA, 2013, p. 2).

Segundo Ferracioli (2007), o MC pode ser definido como um conjunto hierárquico de conceitos associados por meios de proposições. Essa técnica que representa de

forma visual o conhecimento, dentre várias funções, serve para estimular a aprendizagem significativa. Ferracioli (2007, p. 65), “*proposições* são dois ou mais conceitos ligados por palavras em uma unidade semântica. A forma mais simples de um mapa conceitual seria dois conceitos conectados por uma palavra de ligação para formar a proposição”.

A figura 2 exemplifica o mapa conceitual mostrando sua estrutura multidimensional, relacionando a forma hierárquica dos conceitos (vertical) como aqueles conceitos de mesmo status (horizontal).

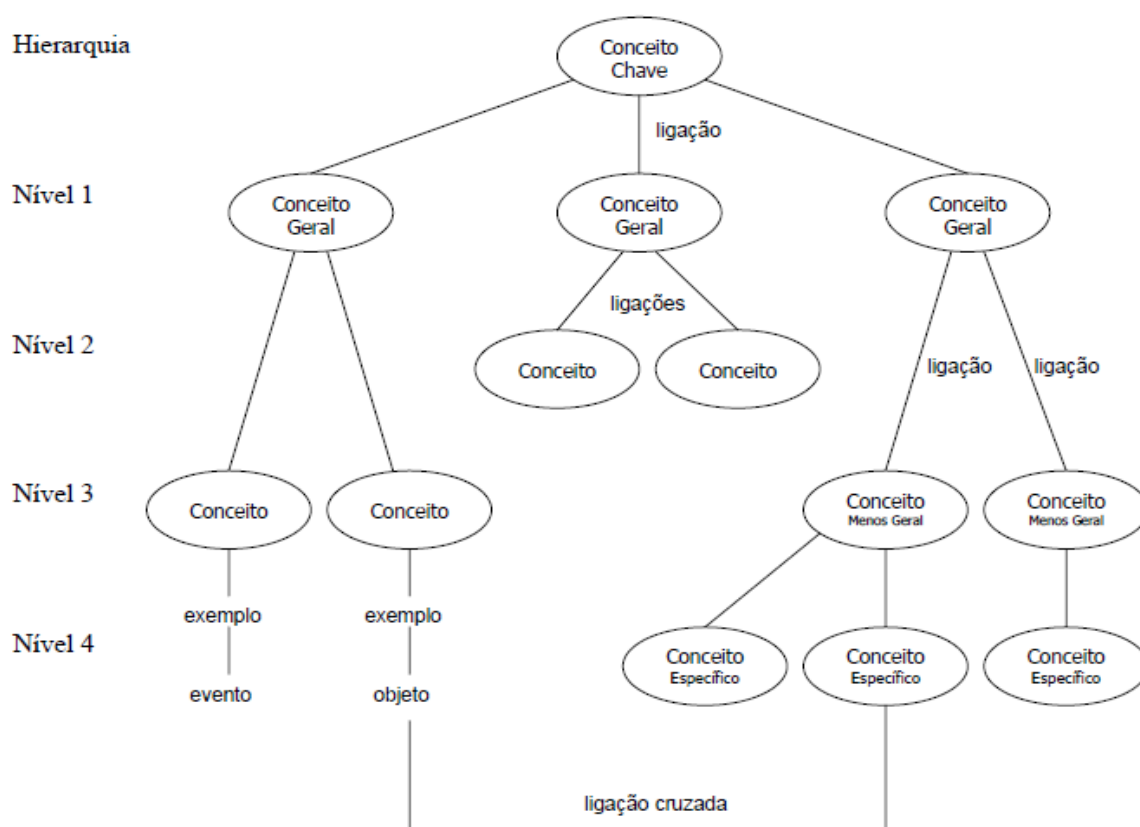


Figura 2: Modelo de estrutura de um Mapa Conceitual proposto por Ferracioli (2007) adaptado de Novak & Gowin (1984).

Observando a estrutura acima, podemos sintetizar de acordo com autor (ibid.):

- Conceito chave, mais geral no topo do mapa e os demais subsequentes a ele, na vertical;
- Conceitos de mesmo nível hierárquico estão no mesmo nível vertical;

- Conceitos diferentes num mesmo nível hierárquico proporcionam ao mapa conceitual sua dimensão horizontal;
- Nível hierárquico mais baixo pode ser representado por exemplos;
- A ligação entre conceitos é feita por palavras ou frases curtas que estabelecem sua relação;
- Ligação cruzada é quando conceitos de diferentes níveis hierárquicos estão conectados.

O autor (ibid.) ainda estabelece o MC como instrumento de eliciação do conhecimento, porém enumera três (3) maneiras em que a utilização do mapa pode apontar a existência de concepções do senso comum:

- ligações entre conceitos que venham a revelar uma proposição falsa na visão do conhecimento científico;
- inexistência de ligações entre conceitos claramente relacionados na visão do conceito científico;
- utilização de palavras que traduzam um significado distinto daquele definido pelo conhecimento científico” (FERRACIOLI, 2007, p. 69).

No trabalho de Ferracioli (1994, *apud* Ferracioli 2007), o conhecimento do senso comum é compreendido como o entendimento próprio do sujeito sobre uma determinada área de conhecimento.

Por outro lado, o autor (ibid.) deixa claro que, apesar desse rigor métrico, estético e conceitual⁴ que se percebe para a construção de um MC, não podemos assumir o mapa como retrato fiel do processamento cognitivo, por conta dos seus aspectos fundamentais.

- Mapas conceituais não são, necessariamente, representações completas de conceitos e proposições sobre o conhecimento do sujeito em determinada área, mas podem representar uma aproximação viável de seu entendimento sobre o conhecimento pesquisado e, conseqüentemente, sobre suas concepções do senso comum;
- Qualquer mapa conceitual deve ser visto como apenas uma das possíveis representações de certa estrutura conceitual, ou seja, um mapa conceitual é uma possível representação do conhecimento do sujeito e não a representação desse conhecimento (id, ibidem, p. 69).

Apesar de tudo dito até agora sobre MC, é preciso um mecanismo pelo qual se possa introduzir a dinâmica de elaboração de um MC.

⁴Métrico quanto às dimensões horizontais, estético quanto à hierarquização vertical e suas ligações, e conceitual quando da utilização plena da proposição conceito – elemento de ligação – conceito.

Uma recomendação final é que a utilização do mapeamento conceitual demanda uma preparação adequada das atividades bem como um treinamento apropriado. A não observância destes aspectos pode levar ao comprometimento dos resultados que por ventura venham a ser obtidos (FERRACIOLI, 2007, p. 75).

A “atividade de preparo para o mapeamento conceitual” e “atividade de mapeamento conceitual” consistem em duas etapas da estratégia de apresentação do mapeamento conceitual proposta por NOVAK, GOWIN (1984, *apud* FERRACIOLI, 2007, p. 70).

Atividade de Preparação para Mapeamento Conceitual

1. Faça duas listas de palavras familiares relacionadas a objetos e eventos. Exemplos de objetos pode ser carro, cachorro, cadeira, árvore, nuvem, livro; exemplos de eventos podem ser chovendo, correndo, lavando, pensando, trovejando, festejando. Pergunte aos estudantes se eles podem explicar a diferença das duas listas. Tente auxiliá-los a reconhecer que a primeira lista é de coisas ou objetos e a segunda de acontecimentos ou eventos. Na sequência rotule as duas listas.
 2. Solicite aos alunos que descrevam o que eles pensam quando ouvem as palavras da primeira lista. Auxilie-os a perceber que apesar de usarmos a mesma palavra, cada um de nós pode pensar em coisas um pouco diferentes. Essas imagens mentais que possuímos das palavras são os nossos conceitos ou concepções. Introduza a palavra conceito ou concepção.
 3. Repita o mesmo procedimento para a segunda lista de palavras relacionadas a eventos.
 4. Discuta então a razão pela qual muitas vezes temos problemas em entender os outros apesar de usarmos as mesmas palavras. Palavras são rótulos para conceitos, mas cada um de nós tem o nosso próprio entendimento e significado para palavras.
 5. Agora liste palavras tais como onde, são, a, é, então, com. Pergunte aos alunos no que é que eles pensam quando ouvem estas palavras. Elas não são conceitos e são denominadas de ligações as quais usamos quando falamos ou escrevemos. As palavras de ligação são usadas juntamente com os conceitos para construir frases que tenham um significado.
 6. Nomes próprios não são conceitos, mas nomes para pessoas, eventos, locais ou objetos específicos. Utilize alguns exemplos para auxiliar os alunos a observar a distinção entre rótulos para regularidades em eventos ou objetos e os rótulos para objetos e eventos específicos ou nomes próprios.
 7. Utilizando algumas palavras conceitos e palavras de ligação, construa algumas sentenças curtas para ilustrar como nós humanos construímos significados. Exemplos podem ser: 'o cachorro está correndo', ou 'existem nuvens e trovões'.
-

8. Solicite aos estudantes que escrevam suas próprias sentenças identificando se os conceitos são objetos ou eventos e quais as palavras de ligação.
9. Introduza algumas palavras não muito familiares tais como medonho, conciso, canino. Essas palavras traduzem conceitos que, talvez eles já saibam, mas que tem de alguma forma um significado especial. Discuta o fato de que os significados das palavras não são fixos ou rígidos, mas que podem mudar e melhorar.
10. Escolha uma seção de um livro texto e faça cópias para os estudantes. Escolha uma passagem que tenha uma mensagem clara e definida. Solicite que leiam o texto e identifiquem os conceitos chaves. Solicite que os alunos também escolham alguns conceitos e palavras de ligação menos importante no texto.

Atividade de Mapeamento Conceitual

1. Escolha uma seção ou parágrafo de um livro texto e solicite aos alunos que selecionem os conceitos chave, ou seja, os conceitos necessários para o entendimento do significado do texto. Faça uma lista dos conceitos selecionados e discuta quais são os mais importantes e inclusivos em relação ao texto.
2. Faça uma nova lista ordenando os conceitos mais gerais, inclusivos, até os menos gerais ou mais específicos. Pode haver discordância, o que é natural, uma vez que este fato pode explicitar a existência de mais de um significado para o texto.
3. Construa então o mapa conceitual usando a lista de conceitos ordenada hierarquicamente. Discuta a escolha de boas palavras de ligação para formar as proposições mostradas nas linhas de ligação do mapa.
4. A primeira tentativa de construção de mapas conceituais pode ser pobre em simetria ou mesmo agrupar conceitos pouco relacionados. Reconstrua o mapa. Deixe claro que é necessário reconstruir o mapa pelo menos uma vez, sendo algumas vezes necessárias mais tentativas, para se chegar a uma boa representação das ideias do texto em questão (FERRACIOLI, 2007, p.70, 71).

Após a preparação e a confecção dos mapas e sua reconstrução, se faz necessário mensurar qualidade ou quantidade, ou mesmo as duas coisas, nos mapas produzidos. O que será medido e de que forma? Como podemos inferir que houve aprendizagem significativa?

No referencial teórico do autor Moreira (2011a), os Mapas Conceituais, assim como o diagrama V⁵, apresenta-se como possíveis estratégias facilitadoras da aprendizagem significativa, bem como possíveis instrumentos de avaliação dessa aprendizagem (ver quadro 1).

⁵ Heurística de trabalho delineada por D. B. Gowin (1970, 1981) sobre o estudo do conhecimento e produção de novos conhecimentos no cotidiano escolar (FERRACIOLI, 2005, p. 107).

Os Mapas Conceituais elaborados pelos alunos foram analisados e classificados seguindo critérios quantitativos e qualitativos segundo Mendonça (2012).

Conforme Novak, Gowin (1999, *apud* MENDONÇA, 2012, p. 60), “[...] os mapas conceituais podem ser avaliados utilizando-se critérios tanto qualitativos como quantitativos de análise”.

Para analisar qualitativamente os mapas elaborados antes, durante e depois dos estudos, foram estabelecidos critérios de classificação no que se refere aos graus de hierarquia e de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, os quais estão apresentados no quadro 1. Os critérios de análise adotados têm base nas novas estratégias para avaliação de mapas conceituais propostas por Novak (2000) e nos princípios programáticos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa de Ausubel (2002) (MENDONÇA, 2012, p.100).

Categorias	Características	Informações relevantes
Alta (A) Possui conceitos relevantes para compreensão do tema.	Contém informações conceituais relevantes; está bem hierarquizado, com o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos e os exemplos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas, presença ou não de exemplos.
Média (M) Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
Baixa (B) Indica ausência de compreensão do tema.	Apresenta um ou dois conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Possui hierarquia básica, demonstrando ou não sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação; são muito simples.
Nula (N) Indica completa ausência de compreensão do tema	Não apresenta os conceitos centrais do tema; muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Não há uma hierarquia básica, demonstra sequências lineares e conhecimentos simples.

Quadro 1: categoria de análise de hierarquia, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, fonte Mendonça (2012)

Para análise qualitativa comparativa dos mapas elaborados antes e depois, a autora (ibid.) classifica em três categorias: Mapa Bom (MB), Mapa Regular (MR) e Mapa Deficiente (MD), conforme quadro 2.

Categorias	Características	Informações relevantes
MC Bom (MB) Indica maior compreensão do tema.	Contém informações conceituais relevantes, está bem hierarquizado, com o conceito inclusor no topo, em seguida os intermediários e posteriormente os mais específicos.	Palavras de ligação adequadas; com ligações cruzadas; ausência de repetição de conceitos e informações supérfluas; proposições corretas.
MC Regular (MR) Indica pouca compreensão do tema.	Apresenta alguns conceitos centrais do tema, mas com uma hierarquia apreciável.	As palavras de ligação e os conceitos não estão claros. Pode realizar ligações cruzadas ou não. Muitas informações detalhistas e a repetição de conceitos.
MC Deficiente (MD) Indica ausência de compreensão do tema.	Não apresenta os conceitos centrais do tema, muito pobre em conceitos sobre o conteúdo trabalhado.	Hierarquia básica, demonstrando sequências lineares e conhecimentos muito simples. Faltam relações cruzadas, com palavras de ligação; são muito simples.

Quadro 2: Categoria de análise da qualidade do mapa conceitual (Fonte: Mendonça, 2012)

Segundo a autora (ibid.), a análise quantitativa comparativa para identificar as evidências de aprendizagem, relaciona os critérios em quantidades, e os compara antes e após a intervenção. A autora (ibid.) estabelece critérios mais específicos e diretos, implícitos em suas tabelas de “Qualidade dos Mapas”, sintetizados por Silva (2015, p. 56).

Crítérios	Definição
Conceitos	Palavras inseridas nos mapas que estão no interior de um quadrado ou de um círculo.
Conceitos Válidos	São palavras que estão relacionados direta ou indiretamente ao tema abordado. Verbos não foram considerados conceitos válidos, assim como as frases que não possuem sentido claro.
Proposições	Foram consideradas as “linhas” que fazem a ligação entre dois ou mais conceitos. Nessas proposições pode haver palavras de ligação, mas não são obrigatórias.
Proposições Válidas	São as “linhas” com ou sem palavras de ligação que possuem sentido na união entre dois conceitos.
Relações Cruzadas	São proposições que atravessam níveis hierárquicos, realizando uma ligação direta entre os lados.
Exemplos	Referem-se a modelos que servem para indicar uma aplicação direta do tema.

Quadro 3: Critérios quantitativos utilizados para a classificação dos Mapas Conceituais . (Fonte: Silva 2015 adaptado de Mendonça 2012)

De acordo com Silva (2015, p. 57), essa classificação permite ao professor/mestrando comparar valores quantitativos entre os mapas inicial e final,

bem como a hierarquia conceitual e ainda, verificar a correlação dos resultados obtidos com aqueles colhidos no pré e pós-teste.

2.3 – Motivação

De uma forma mais simples, podemos sintetizar que a motivação pode ser entendida como um mecanismo que, quando passa a atuar, afeta o comportamento do indivíduo e o leva a agir de forma diferente. Porém, sabemos que o entendimento acerca da motivação é muito mais complexo que isso, inclusive nas formas com que se pode detectá-la. Conforme Guimarães e Bzuneck (2002) existe uma relação entre a motivação, o desempenho e a qualidade do que é aprendido pelo estudante.

Um estudante motivado mostra-se ativamente envolvido no processo de aprendizagem, engajando-se e persistindo em tarefas desafiadoras, despendendo esforços, usando estratégias adequadas, buscando desenvolver novas habilidades de compreensão e de domínio. Apresenta entusiasmo na execução das tarefas e orgulho acerca dos resultados de seus desempenhos, podendo superar previsões baseadas em suas habilidades ou conhecimentos prévios. (GUIMARÃES; BZUNECK, 2002, p. 2).

Contudo, Guimarães e Bzuneck (2008) acreditam em duas dimensões da motivação no âmbito escolar, uma intrínseca e outra extrínseca. A dimensão intrínseca é aquela relacionada à curiosidade ao desafio e a descoberta, àquela vontade natural de procurar novidade. Essa dimensão da motivação é dita por Gouveia (1997) como aquela vinda do íntimo e que favorece a autonomia e o desenvolvimento da personalidade. Em princípio, o aluno se envolve com essa dimensão da motivação por conta própria.

A outra dimensão, chamada de extrínseca, está associada a uma recompensa, reconhecimento, demonstração de competência e atendimento a comandos (Guimarães e Bzuneck, 2008). Conforme Pfromm Neto (1987), essa dimensão da motivação está relacionada ao comportamento pela influência do meio externo. Pode estar relacionada com a interferência dos colegas ou do próprio professor.

Por outro lado, Guimarães e Bzuneck (2002) admitem não existir separação entre as duas dimensões da motivação. É possível atingir a motivação intrínseca a partir da motivação extrínseca. Ou seja, a motivação externa pode levar à motivação interna.

Outro elemento pode estar associado à motivação, como, por exemplo, a satisfação e, por conseguinte, a fatores externos e necessidades internas.

Para Archer (1997), a satisfação decorre do atendimento ou da eliminação de uma necessidade. Isso ocorre quando um fator (externo) diminui a tensão da necessidade (interna) elevando o nível de satisfação. Assim, a necessidade funciona como um elemento motivador para a busca de seu correspondente fator de satisfação (SOUZA; REINERT, 2010, p. 160).

Assim, é possível perceber uma relação entre a motivação e a satisfação dos alunos. Basta levar em conta a atividade proposta para o aluno. Caso ele não esteja motivado na execução da atividade, não irá demonstrar satisfação pela experiência vivenciada.

Dessa forma, medir a satisfação pode significar, mesmo que de forma indireta, obter informação sobre a motivação para aquela atividade proposta aos alunos. Porém, para medir a satisfação, se faz necessário o uso de alguma ferramenta de medição, que, de acordo com López e González (2001); Souza e Reinert (2010), pode ser através de questionário.

Para López e González (2001), as experiências emocionais são uma expressão de como objetos e fenômenos da realidade estão relacionados com a satisfação ou insatisfação na esfera motivacional. Assim, a satisfação e a motivação se relacionam pelas experiências emocionais ou afetivas, enquanto que a satisfação ou insatisfação resulta da realidade vivida.

Muitas instituições de ensino possuem questionários de avaliação discente, aquele em que o aluno avalia o professor. Esse questionário pode demonstrar a satisfação dos alunos com as atividades vivenciadas e as experiências emocionais sentidas naquele período em que fora desenvolvida alguma atividade com eles.

Contudo, é razoável utilizar o resultado da avaliação discente para verificar a satisfação dos alunos que, por sua vez, pode representar o reflexo da motivação as atividades desenvolvidas. Nesse caso, esse professor/mestrando fez uso dessas informações institucionais.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGIA

3.1 Metodologia

O professor/mestrando apresenta, neste capítulo, o aspecto metodológico da dissertação, tendo como foco a aprendizagem do aluno. A proposta de construção de um experimento e sua relação com a aprendizagem faz necessário utilizar instrumentos para avaliar a ocorrência ou não de aprendizagem.

Do ponto de vista da análise dos dados e dos instrumentos de medição utilizados nessa pesquisa, podemos classificar a pesquisa como qualitativa e quantitativa. Mas, para Moreira (2009), a pesquisa qualitativa possui semelhanças com a metodologia quantitativa, pois na pesquisa qualitativa o pesquisador pode usar tabelas, dados, sumários e classificações. A análise dos dados não é feita por ferramentas estatísticas matemáticas.

No entanto, a ferramenta de análise de dados proposta por Mendonça (2012) estabelece uma análise qualitativa e outra quantitativa dos dados colhidos dos mapas conceituais produzidos pelos alunos.

Contudo, para verificação dos dados, o professor/mestrando decidiu evitar a exclusão de informação e adotou um posicionamento menos rígido, acatando a análise proposta por Mendonça (2012), por entender que a aprendizagem é uma atividade que pode ser analisada por diferentes perspectivas.

3.2 Objetivos e Métodos

3.2.1 Objetivos

Elaborar uma proposta de construção de experimentos para uma mostra de ciência e tecnologia.

Avaliar os impactos de sua construção na aprendizagem dos alunos numa escola pública federal de ensino técnico integrado ao médio.

3.2.2 Métodos

- Analisar o rendimento dos alunos no pós-teste em relação ao pré-teste quanto à qualidade crescente dos conceitos envolvidos.
- Verificar a variação no grau de segurança entre as respostas dadas ao pré e pós-teste, relacionado ao espelho côncavo.
- Analisar a motivação dos estudantes frente a atividade proposta de construção do experimento por intermédio da avaliação discente.
- Analisar os mapas conceituais produzidos pelos alunos a fim de inferir na ocorrência de aprendizagem significativa.

3.3 Local, contexto e amostragem da pesquisa

O Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) possui dezoito *campi* com aula presencial e três em fase de implantação. O IFES faz parte do total de 562 unidades de ensino do Instituto Federal (IF) em todo Brasil, dados referentes a 2014.

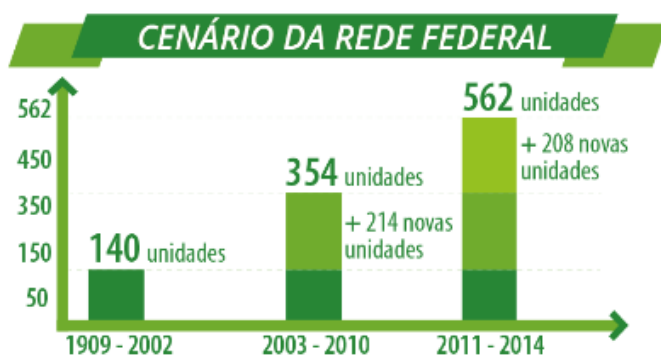


Figura 3: Cenário que mostra a evolução do quantitativo das unidades de ensino da rede federal no decorrer dos anos (Fonte: <http://redefederal.mec.gov.br/expansao-da-rede-federal>)

A pesquisa foi desenvolvida no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Guarapari. Atualmente oferece curso técnico integrado⁶ em administração, eletrotécnica e mecânica. Curso técnico concomitante⁷ em administração e eletrotécnica, e ainda, bacharelado e pós-graduação em Administração, educação à distância na área de administração. Na ocasião da pesquisa o *campus* contava ainda com o curso técnico integrado em eletromecânica.

As primeiras turmas de curso técnico integrado do *campus* Guarapari tiveram início em 2011 com os cursos de administração e eletromecânica. Os cursos técnicos integrados são integralizados em quatro anos, e nesse período os alunos cursam as disciplinas do ensino médio junto aquelas do curso técnico. Nesse período entre 2011 e 2014 o sistema IF obteve considerável expansão segundo dados do MEC.

A realidade vivenciada pelo professor/mestrando retrata que, na medida em que se sucederam os anos e as turmas foram avançando, também avançaram a contratação de professores. Característica própria de um sistema em expansão é a velocidade e a forma como se contrata professores. No início de 2014, último ano da primeira turma de eletromecânica, alguns alunos demonstraram a vontade de participar na construção de algum equipamento ou aparato experimental uma vez que a alternância de professores não possibilitou a participação deles em eventos desse tipo.

Durante o primeiro semestre de 2014, a turma relatou dificuldades com o conteúdo de reflexão em espelhos e, junto a essa dificuldade, externado o interesse em transformar energia solar em energia elétrica.

No mesmo período a professora/organizadora da mostra de ciência e tecnologia do *campus* Guarapari, convidou o professor/mestrando para orientar alguns alunos. Naquele momento foi escolhida toda turma do quarto ano do curso técnico integrado em eletromecânica do referido *campus*, por conseguinte, se tornou a amostra da pesquisa.

⁶ Os alunos cursam disciplinas do curso técnico e também aquelas relativas ao ensino médio.

⁷ Os alunos cursam apenas as disciplinas do curso técnico, pois já fizeram ou estão terminando o ensino médio.

3.4 Delimitação do trabalho

A turma selecionada, o quarto ano de eletromecânica do *campus* Guarapari, no ano de 2014 que contara com 32 alunos, alguns deles, por algum motivo aleatório, deixaram de participar de alguma etapa de avaliação e foram descartados da pesquisa.

Os restantes serviram como sujeitos da pesquisa e receberam a avaliação inicial, a intervenção e a avaliação final. O processo de construção dos experimentos é também chamado de intervenção nessa dissertação.

3.4.1 Definição dos experimentos

Devido aos relatos dos alunos conforme a seção 3.3, o professor/mestrando sugeriu unir o conceito de reflexão em espelhos com os de transformação de energia e que os alunos buscassem uma forma relacioná-los para a produção de energia elétrica.

Alguns alunos disseram que viram na internet algo parecido com essa ideia chamada de torre solar. Nas discussões iniciais fora proposto posicionar vários espelhos de tal forma que a luz solar convergisse para um mesmo ponto. Nesse momento o professor/mestrando sugeriu a construção de um grande espelho côncavo. A ideia foi bem aceita e todos deveriam participar dessa construção, todavia, cada grupo deveria encontrar uma forma de aproveitar essa energia.

Na aula seguinte, foram apresentadas algumas propostas pelos alunos. Uma delas tratava da construção de um motor “stirling”, onde, ao invés de utilizar fogo como fonte térmica seria utilizada a concentração de energia produzida pelo espelho côncavo. Aproveitando a mesma energia nasceu a ideia do tubo de convecção que quando aquecido produziria correntes de convecção e moveriam um rotor. Outro experimento fora chamado de caldeira sola que consiste em aproveitar a mesma fonte de energia para aquecer uma espécie de caldeira e gerar vapor e girar uma turbina.

Em todos os casos, o movimento produzido teria a finalidade de mover um dínamo gerador de eletricidade. Assim, o aproveitamento da energia solar para a produção de eletricidade começava a sedimentar no pensamento dos alunos.

A construção dos experimentos ocorreu em grande parte, no ambiente escolar, o espelho parabólico fora totalmente confeccionado em ambiente escolar, mas os alunos não foram impedidos de se reunirem também em suas casas para a construção de seus projetos. No ambiente escolar, foi comum presenciar discussões a respeito da construção dos experimentos e dos aspectos físicos envolvidos o que pode ter favorecido a troca de informação por parte dos alunos durante a construção.

3.5 As ferramentas de verificação

As ferramentas escolhidas para coletar dados que possam avaliar e evidenciar a ocorrência de aprendizagem significativa foram definidas após a pesquisa sobre as dissertações avaliadas pelo professor/mestrando, cujo estudo bibliográfico é apresentado na introdução deste trabalho. Dessa forma, foram escolhidos mapas conceituais, as respostas às questões do pré e pós-teste e a avaliação discente como instrumentos para a produção dos dados.

Junto das questões relativas à reflexão em espelho, fora introduzida uma tabela conforme seção 3.5.3, que possui a função de tentar estabelecer um grau de segurança às respostas dadas pelos alunos. A avaliação discente, antes e depois da intervenção, foi considerada para fins de percepção da motivação dos alunos frente à atividade proposta.

Os mapas conceituais foram introduzidos aos alunos de acordo com os aspectos sequenciais abordados por Ferracioli (2007), e avaliados segundo critério de Mendonça 2013. Os mapas conceituais foram confeccionados pelos alunos antes e depois da intervenção.

3.5.1 Introdução ao mapa conceitual

Na aula seguinte à definição dos experimentos e divisão dos grupos, foi introduzida a Estratégia para a Apresentação dos Mapas Conceituais aos Estudantes, propostos por Ferracioli (2007), com o auxílio do quadro pincel e projeção em Datashow. Na apresentação, foram mostradas orientações e uma sequência de passo a passo

para se construir um mapa conceitual. Após a introdução dos MC, foi proposta a confecção de um mapa introdutório, a título de exercitar o uso do mapa. Os mapas elaborados nesse momento nada tinham a ver com os conceitos físicos diretamente ligados à reflexão em espelhos e transformação de energia. O primeiro tema abordado para a confecção do mapa conceitual introdutório tratava de mancais⁸, que são elementos de máquinas bem comuns no curso de eletromecânica.

Após a confecção do primeiro mapa, foram escolhidos três mapas, nos quais o professor/mestrando fez comentários e sugeriu alterações, devolveu e pediu que os alunos discutissem entre si o mapa que fizeram.

Em outra aula, com intuito de continuar exercitando a construção do mapa, foi escolhido outro tema, agora sobre fotossíntese para produção de glicose. Num primeiro momento, eles discutiram esse processo uns com os outros, até que, num segundo momento, puderam confeccionar o mapa conceitual do processo de fotossíntese. Logo após esses dois momentos, o professor/mestrando apontou sugestões em alguns mapas e pediu que a turma discutisse a respeito delas, momento em que foi distribuído aos alunos um texto sobre fotossíntese, com figuras sobre esse processo. Após tudo isso, fora solicitado que confeccionassem outro mapa conceitual a respeito de fotossíntese para produção de glicose.

Os resultados obtidos no segundo mapa sobre fotossíntese foram melhores do que no primeiro, então foi solicitado aos alunos que comparassem seus mapas antes e depois. Muitos alunos relataram que a organização e a qualidade dos conceitos transcritos no segundo mapa sobre fotossíntese eram melhores que as do primeiro mapa sobre fotossíntese. Nesse momento, eles demonstraram entender melhor sobre mapas conceituais.

3.5.2 Pré e Pós-teste

Os testes foram pensados de forma a possibilitar que as questões propostas partissem de um tema conceitual mais amplo e abrangente e fossem se sucedendo, numa escala de maior complexidade e progressividade. Usando esta ideia, foram

⁸ Dispositivo mecânico no qual se apoiam eixos que possam ser girados.

confeccionadas quatro questões sobre reflexão em espelhos e outras quatro, sobre transformação de energia.

Para a confecção das questões relacionadas à reflexão em espelhos, foram consideradas algumas das concepções alternativas de Almeida (2007), que considera que os alunos confundem propagação retilínea com a propagação paralela. Ele ainda estabelece uma justificativa para isso.

Uma das possíveis causas para esta concepção alternativa é a representação de raios paralelos para fontes distantes descritas em livros didáticos. Nestas descrições nem sempre é explicitado que se pode considerá-los paralelos para distâncias suficientemente grandes do observador à fonte, de forma que o ângulo entre os raios luminosos seja desprezível, ou seja, próximo a zero. Descrições desse tipo são comumente realizadas durante o estudo de formação de imagens em lentes e espelhos esféricos. Possivelmente, o aluno memoriza a imagem dos raios paralelos que incidem, por exemplo, no espelho côncavo, e aplicam esse modelo em qualquer caso que ocorra a propagação da luz (ALMEIDA, 2007, p. 14).

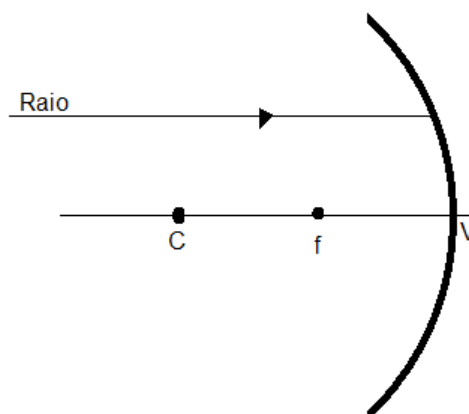
Também foi levada em conta a concepção alternativa que trata da validade de da 2ª lei da reflexão.

Os estudantes não consideram que a 2ª lei da reflexão seja aplicável para espelhos esféricos, acreditam que não é possível traçar uma normal para uma superfície esférica no ponto de incidência. Para alguns estudantes, a 2ª lei somente é válida para o centro de curvatura (ALMEIDA, 2007, p. 61).

Dessa forma, a questão com raio incidente paralelo ao eixo principal, cuja resposta seria um raio refletido que passe pelo foco foi considerado mais abrangente e de menor complexidade. O nível de complexidade foi aumentando, à medida que as questões apresentaram situações referentes à validade da 2ª lei e raios paralelos.

As questões apresentadas aos alunos encontram-se no Anexo, porém alguns comentários serão feitos aqui.

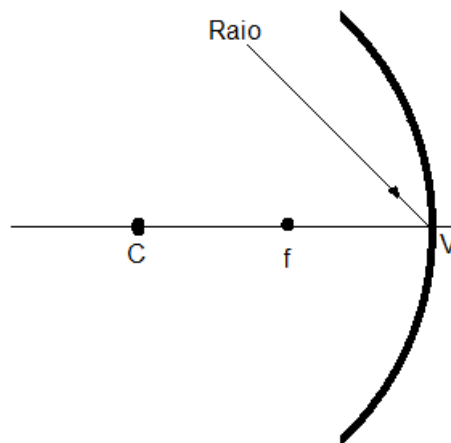
1ª questão – A figura representa um espelho côncavo com um raio de luz paralelo ao eixo principal, incidindo sobre sua superfície refletora. Desenhe na própria figura a direção do raio de luz após a reflexão.



Comentário

Observa-se na representação esquemática algo bem comum aos livros didáticos, um raio seguindo em direção ao espelho paralelo ao eixo principal. É comum encontrar frases como “entra em paralelo sai pelo foco”. Espera-se que o aluno trace o raio refletido passando pelo ponto f onde está o foco. Foi considerada correta, e classificada com C, a resposta dada em que o raio refletido passa sobre o foco. As demais respostas para esta questão foram classificadas como E errada.

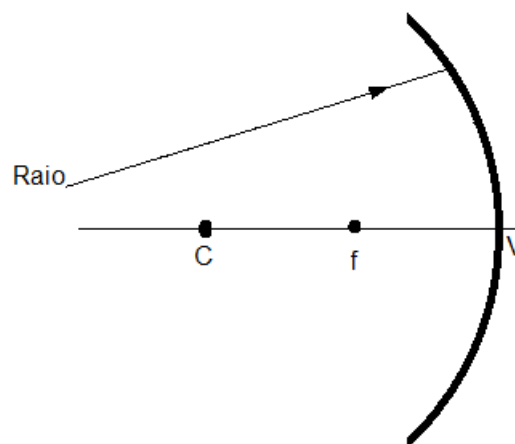
2ª questão – O esquema ao lado representa um espelho esférico côncavo com um raio de luz incidindo sobre o vértice de forma inclinada em relação ao eixo principal. Desenhe na própria figura a direção do raio de luz após a reflexão.



Comentário

Nessa representação esquemática, pode-se ver que o raio incide bem no ponto onde o eixo principal coincide com o vértice. Não é difícil encontrar em livros essa representação, acompanhada com os dizeres “entra pelo vértice e sai pelo vértice”. Aqui, o aluno deve desenhar o raio refletido com abertura angular em relação ao eixo principal igual ao ângulo formado entre o raio incidente e o eixo principal. Estas respostas esperadas foram consideradas corretas e classificadas com C, até mesmo naquelas respostas em que o ângulo não fora representado. As demais foi classificada como E, errada.

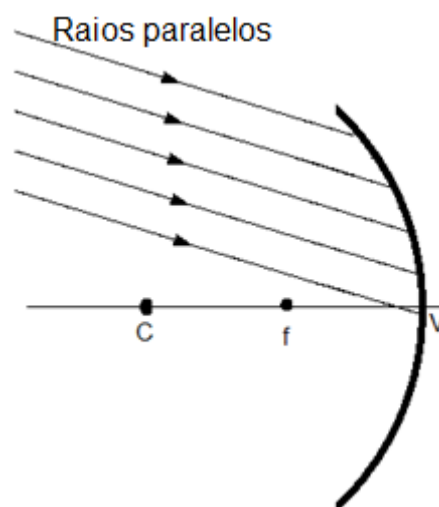
3ª questão – Um raio de luz atinge a superfície interna de um espelho côncavo conforme mostra a figura ao lado. Desenhe na própria figura a direção do raio de luz após a reflexão.



Comentário

O esquema acima não é o mais comum de se encontrar. Em princípio, o aluno pode não enxergar uma relação com o eixo principal conforme a questão 2, mas, na verdade, essas duas questões são análogas. Conforme concepção alternativa levantada por Almeida 2007, trata-se da dificuldade de se perceber a aplicação da segunda lei da reflexão em espelho côncavo. Portanto, acredito que essa questão esteja num grau maior de dificuldade. O esperado aqui é que o aluno, no momento da resolução, trace uma linha que vai do ponto C, centro de curvatura, até o ponto em que o raio incidente intercepta o espelho côncavo. A partir daí, basta admitir essa linha traçada como o novo eixo principal e, então, desenhar o raio refletido conforme a questão 2, e o ângulo do raio incidente e do raio refletido devem ser de mesmo valor em relação ao novo eixo principal. Estas respostas, quando representados os ângulos ou, quando o raio refletido desenhado passa entre o foco e o centro de curvatura, foram consideradas corretas e classificadas com C. As demais foram classificadas como E, errada.

4ª questão – Um feixe de raios paralelos incide sobre a parte refletora do espelho côncavo da figura abaixo com inclinação em relação ao eixo principal. Desenhe na própria figura a direção do raio de luz após a reflexão.



Comentário

É possível que esse tipo de representação tenha um grau ainda maior de dificuldade em relação à representação da questão 3, uma vez que ela aborda as concepções alternativas referentes à aplicação da 2ª lei da reflexão, bem como a condição dos raios paralelos, que, por sua vez, seriam erroneamente refletidos para o foco f dessa representação. O esperado nessa questão é que o aluno trace uma linha paralela aos raios incidentes, que vai do centro C , centro de curvatura da figura, até o ponto que intercepta o espelho côncavo. Essa nova linha será considerada o novo eixo principal e o ponto em que intercepta o espelho será chamado de novo vértice V' , e, assim, teremos um novo foco f' , ponto entre C e V' . Os raios paralelos incidentes após a reflexão no espelho côncavo deverão passar por esse novo foco f' . Estas respostas, assim como aquelas em que os raios refletidos passaram entre o foco e o vértice, foram consideradas correta e classificada com C. As demais foram classificadas como E, errada.

Para a confecção das questões sobre transformação de energia, foram levadas em conta as concepções alternativas propostas por Bucussi (2006) que, no entanto, considera que o conceito de energia vem se transformando no decorrer dos anos e que esses conceitos estão associados à realidade percebida pelo indivíduo em seu contexto.

Estas concepções alternativas caracterizam-se por serem superficiais e coerentes com o ponto de vista do estudante, explicando, equivocadamente, situações do dia-a-dia ou questões colocadas pela educação formal. Também são resistentes à mudança, manifestando-se mesmo após o ensino formal, revelando-se como estruturas conceituais que não estão isoladas e que podem estar explícitas ou implícitas para os estudantes (BUCUSSI, 2006, p. 18).

Assim como para as questões de reflexão em espelhos, seguem algumas questões com os respectivos comentários.

1ª questão – Cite algumas formas de energia presente no seu projeto, quando ele estiver em funcionamento.

Comentário

Note que essa questão permite resposta ampla, aqui ele pode escrever dentro toda ecologia de conceito que, em seu entendimento, esteja de acordo com seu experimento. O citar está em um nível hierárquico de dificuldade muito baixo. Ao citar pelo menos duas formas de energia, foram consideradas corretas e categorizadas com C. As demais foram categorizadas como E, errada.

2ª questão – Levando em conta o seu projeto terminado e funcionando, será possível perceber algum processo de transformação de energia?

() SIM () NÃO

Comentário

A visão da energia como um processo e não como um material acabado é mais complexo do que a de apenas reconhecer as formas de energia. Portanto, essa questão possui um nível de dificuldade maior que a anterior. Aquelas respostas marcadas no “SIM” foram consideradas corretas e categorizadas com C. As demais foram categorizadas como E errada. Um NÃO seria possível e não seria errada se correspondesse a realidade do projeto porém, a ideia dessa resposta não foi considerada.

3ª questão – Qual a sequência de transformação de energia presente no seu projeto?

Comentário

Essa questão está em um nível superior de dificuldade com relação às duas anteriores. Ela basicamente assume os tipos de energia e que os mesmos estão em transformação e em sequência definida. A complexidade cognitiva aqui é maior, pois a solução perpassa pelas anteriores. Apesar da questão não pedir, ao representar uma sequência simples, de no mínimo três conceitos, foram consideradas corretas e categorizadas com C. As demais foram categorizadas como E, errada.

4ª questão – Qual a relação entre transformação de energia e dissipação de energia?

Comentário

Nessa questão, o processo de transformação para o aluno pode não respeitar o princípio da conservação. Uma energia é transformada em outra e a diferença é dissipada. Dissipada não significa perda, parte da energia empregada vai se transformar em outro tipo de energia diferente daquele tipo de energia esperado. O nível de dificuldade dessa questão é possivelmente superior ao das três anteriores, pois, além de admitir a transformação, exige do cognitivo uma relação com dissipação que, na verdade, nada mais é do que um processo de transformação. Aquelas respostas que conseguiram relacionar desta forma, foram consideradas corretas e categorizadas com C. As demais foram categorizadas como E, errada.

3.5.3 Grau de segurança

Para avaliar o grau de segurança das respostas dadas pelos alunos ao pré e pós-teste, foi tomada emprestada do trabalho de Zandomenico (2014) a tabela abaixo. Cada questão do pré teste possuía uma tabela dessa, e nela, o aluno deveria marcar com x na condição em que fora dada a resposta.

Marque um (X) na condição em que foi dada a resposta				
() Muito Inseguro	() Inseguro	() Neutro	() Seguro	() Muito seguro

Tabela 3:A escolha de um item representa grau de segurança para cada resposta.

Devido aos resultados obtidos no pré-teste com relação à opção marcada pelo aluno, essa tabela somente fora repetida no pós-teste para o conteúdo relacionado à reflexão em espelhos e não mais para transformação de energia.

A utilização dessa ferramenta bem como as discussões sobre seu uso e o resultado obtido com essa tabela, pode ser observada no capítulo IV que trata análise dos resultados.

3.5.4 Sequência de aplicação das ferramentas avaliativas

A sequência de coleta de dados para avaliação dos resultados se deu primeiramente com a confecção de um mapa conceitual levando em conta o experimento escolhido e a ciência física envolvida nele. No momento da confecção, os alunos já estavam cientes dos trabalhos que iriam desenvolver.

Em seguida, os alunos e o professor mestrando reuniram-se em dois encontros para orientar a construção dos projetos. Num deles, os alunos deveriam desenhar o experimento que iriam construir e, em seguida, listar os materiais necessários para construção do experimento. No outro, montar um cronograma de atividades, para que eles pudessem seguir prazos e evitar imprevistos. Logo após esse intervalo de duas aulas de orientação, foi aplicado o questionário, tanto o relacionado aos conceitos de reflexão em espelho côncavo como aquele relacionado ao conceito de energia.

Após a apresentação dos experimentos desenvolvidos pelos alunos na II Mostra de Ciência e Tecnologia IFES – *campus* Guarapari, foi aplicado o pós-teste e solicitada à confecção de novo mapa conceitual sobre a ciência física envolvida no experimento. Por último, os alunos que responderam o questionário de avaliação discente.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISE DOS DADOS

Neste capítulo será apresentada a análise dos dados coletados no decorrer do processo de investigação, sendo eles o pré e pós-teste e o grau de segurança das respostas dadas, a motivação através da avaliação discente, e mapas conceituais.

4.1 - Análise de dados do Pré-teste e pós-teste

A análise de dados desta seção tem como objetivo verificar se é possível encontrar elementos que, no contexto geral do trabalho, possam permitir inferir a evidência de aprendizagem significativa por meio da captação de novos conceitos.

O pré e o pós-teste contaram com questões discursivas, conforme o capítulo anterior, e, como dito, as respostas foram consideradas certas (C) ou erradas (E) e comparadas entre si antes da intervenção e depois da intervenção. Nos locais onde não se observa C nem E, significa que o indivíduo deixou de participar de alguma parte do processo de investigação. A tabela 4 representa a distribuição de C e E no pré e pós-teste.

ALUNO	ESPELHO CÔNCAVO												TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA											
	1º Quest.			2º Quest.			3º Quest.			4º Quest.			1º Quest.			2º Quest.			3º Quest.			4º Quest.		
	Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois		Antes	Depois	
V1																								
V2	E	C		E	C		E	C		E	C		C	C		C	C		E	C		E	C	
V3	C	C		C	E		C	E		E	E		C	C		C	C		C	C		C	E	
V4	C	C		C	C		E	C		E	C		C	C		C	C		C	C		C	C	
V5	C	C		C	C		C	C		E	E		C	C		C	C		C	C		C	E	
V6	C	C		E	C		E	E		E	E		C	C		C	C		E	C		E	C	
V7	E	E		E	E		C	E		E	E		C	C		C	C		C	C		C	C	
V8																								
V9	C	C		E	C		E	C		E	C		C	C		C	C		E	C		C	C	
V10	C	C		C	C		E	E		E	E		C	C		C	C		C	C		E	E	
V11	C	C		E	C		E	E		E	C		C	C		C	C		E	C		E	C	
V12	C	C		C	C		C	C		C	E		C	C		C	C		C	C		C	C	
V13	E	E		E	E		C	C		E	C		C	C		C	C		C	C		E	C	
V14	C	C		E	C		E	C		E	E		C	C		C	C		C	C		E	C	
V15	C	C		E	C		E	C		E	C		C	C		C	C		C	C		C	C	
V16	C	C		E	E		E	E		E	E		C	C		C	C		C	C		E	C	
V17	E	C		C	C		C	C		E	E		C	C		C	C		C	C		E	C	
V18	C	C		E	C		E	C		E	C		C	C		C	C		E	C		E	C	
V19	C	C		E	C		E	E		E	E		C	C		C	C		E	C		C	C	
V20	E	C		E	E		E	E		E	E		C	C		C	C		E	C		E	E	
V21	C	C		C	C		E	E		E	E		C	C		C	C		C	C		E	E	
V22	C	C		E	C		E	E		E	E		C	C		C	C		C	C		E	E	
V23	C	C		C	C		E	C		E	E		C	C		C	C		C	C		E	C	
V24	C	C		C	C		E	E		E	E		C	C		C	C		C	C		C	C	
V25	C	C		E	C		E	E		E	E		C	C		C	C		C	C		E	E	
V26	E	E		C	E		E	E		E	E		C	C		C	C		C	C		C	E	
V27	C	C		C	C		E	C		E	C		C	C		C	C		C	C		E	C	
V28																								
V29	C	C		C	C		E	C		E	C		C	C		C	C		C	C		E	C	
V30	C	C		E	C		E	E		E	E		C	C		C	C		C	C		E	C	
V31	C	C		C	C		E	E		C	C		C	C		C	C		C	C		E	E	
V32	E	C		E	C		E	C		E	C		C	C		C	C		E	C		E	E	
C	22	26	13	23	6	14	2	11	29	29	29	29	29	29	21	29	29	29	21	29	29	10	19	19
E	7	3	16	6	23	15	27	18	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	8	0	19	10	10	10

Tabela 4: Quantidade de certo e errado por aluno e questão, antes e depois da intervenção.

Na tabela 4, Antes e Depois significa que a 1ª Questão foi aplicada antes da intervenção e repetida de forma igual ou análoga após a intervenção. Foi assim também para 2ª Quest., 3ª Quest., 4ª Quest. A penúltima linha representa o total de acertos e a última o total de erros de cada Quest. antes e depois da intervenção.

Com relação ao número de C e de E nas duas ultimas linhas, podemos primeiramente comparar os resultados para “espelho côncavo”, conforme o gráfico.

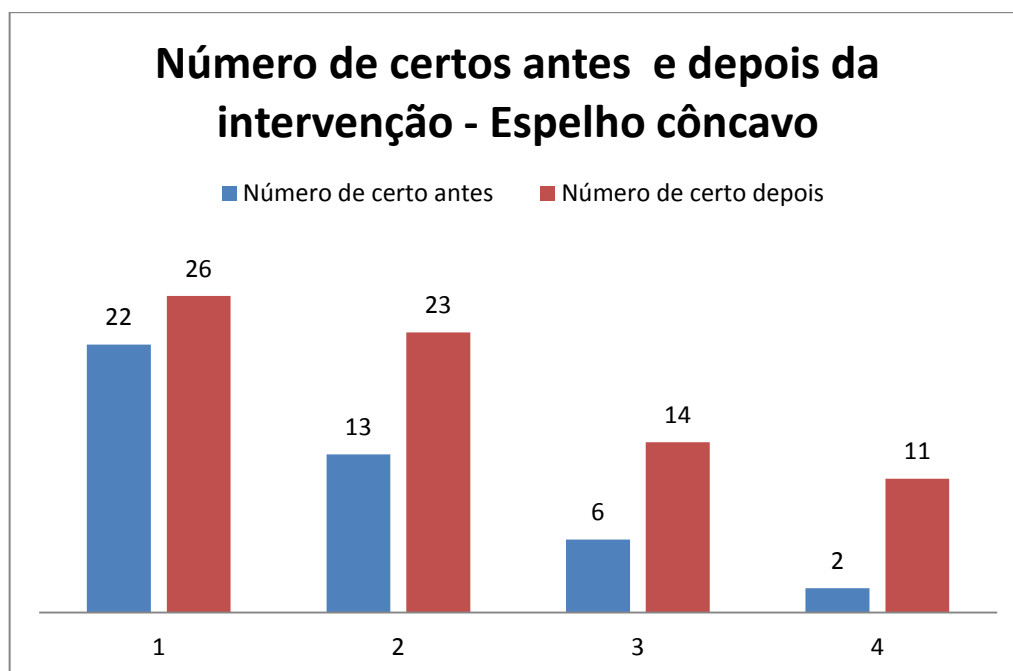


Gráfico 1: Compara o número de certo por questão antes e depois da intervenção para o espelho côncavo num total de 29 alunos.

Verifica-se, no gráfico, que o número de “certos” é maior após a intervenção do que antes, para cada questão. Lembramos que as questões de 1 (um) para 4 (quatro) variam, respectivamente, de menor dificuldade para maior dificuldade. Observamos que a questão 2 (dois) possui maior diferença entre número de certos antes e depois, seguida das questões 4 (quatro) e 3 (três). Porém, os crescimentos percentuais do número de certos aumentam da questão 1, progressivamente, até a questão 4, comparando o antes e depois da intervenção, a questão 1, considerada de menor dificuldade apresentou 76% de certos antes e 90% depois, seguida da questão 2, com 45% de certos antes e 79% depois. Em seguida, a questão 3, com 21% de certos antes e 48% depois, seguida da questão 4, com 7% de certos antes e 38% depois, esta última de maior dificuldade.

É importante lembrar que todas as questões tratam apenas da segunda lei da reflexão⁹, porém com abordagens distintas. Na questão 1, um raio de luz entra em direção ao espelho côncavo paralelo ao eixo principal. Na questão 2, o raio de luz vai em direção ao espelho côncavo e atinge o ponto representativo do vértice desse espelho. Essas duas representações são as mais comuns de serem encontradas em livros e apostilas de ensino, com as seguintes expressões relacionadas a elas: “entra em paralelo e sai pelo foco” e “entra pelo vértice e sai pelo vértice”. No entanto, esse tipo de ‘decoreba’¹⁰ não contribui para o entendimento do conceito envolvido, neste caso, a segunda lei da reflexão. Tanto na questão 1 como na questão 2, obteríamos os mesmos resultados com o ângulo de incidência igual ao ângulo de reflexão, em relação ao eixo normal ao ponto de incidência. Assim, a segunda lei é o que prevalece e não uma regra para cada caso.

Na questão 3, um raio de luz vai em direção ao espelho côncavo, numa trajetória inclinada, e atinge um ponto acima do eixo principal, sem passar por nenhum ponto já conhecido da representação, como C (centro), f (foco) e o V (vértice). Na questão 4, um feixe de raios paralelos e inclinados em relação ao eixo principal atinge o espelho côncavo, sem passar por nenhum dos pontos conhecidos, como C (centro), f (foco) e o V (vértice). Estas últimas formas de representação não são comuns em livros e apostilas de ensino, o que dificulta a aplicação da segunda lei da reflexão. Observando as respostas erradas do teste, podemos perceber que alguns alunos representaram o raio refletido da questão 3 passando pelo foco, o que demonstra uma analogia à resposta correta da questão 1.

⁹ Segunda lei da Reflexão estabelece que o ângulo formado entre o raio de incidência e o eixo normal a superfície é igual ao ângulo formado pelo raio refletido e a mesma normal, também para superfícies curvas.

¹⁰ Ação de decorar informações para resolver problemas sem a preocupação de entender ou relacionar os conceitos envolvidos.

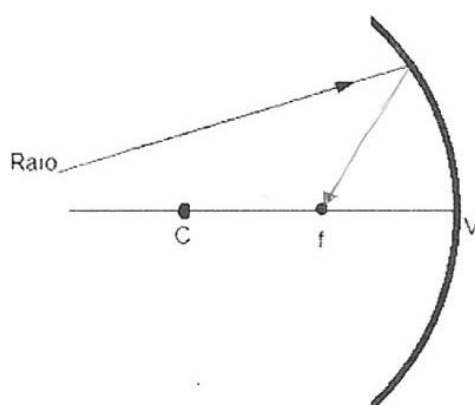


Figura 4: Resposta dada pelo aluno V9 no pré-teste.

Com relação às respostas erradas da questão 4, podemos perceber que alguns alunos representaram os raios refletidos convergindo para o foco, já outros representaram os raios refletidos paralelos entre si. Observamos, para a questão 4, um padrão de resposta análogo ao desenvolvimento correto da questão 1 ou da questão 2.

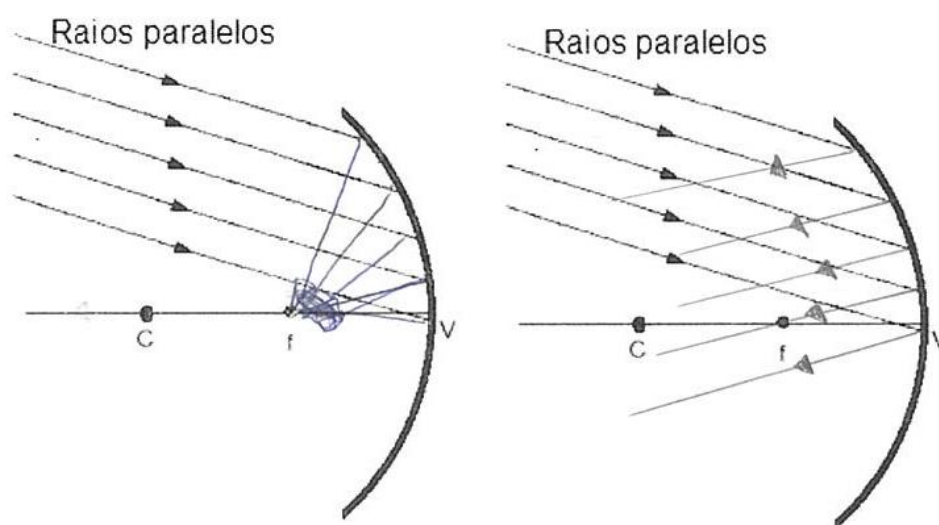


Figura 5: A esquerda a resposta dada pelo aluno V15 e a direita pelo aluno V29, ambas as respostas do pré-teste.

Percebe-se nesses casos a ausência do entendimento da segunda lei da reflexão ou então a incapacidade de aplicá-la.

Na figura 6 é possível observar no círculo maior a representação da segunda lei da reflexão, ângulo de incidência igual ao ângulo de reflexão.

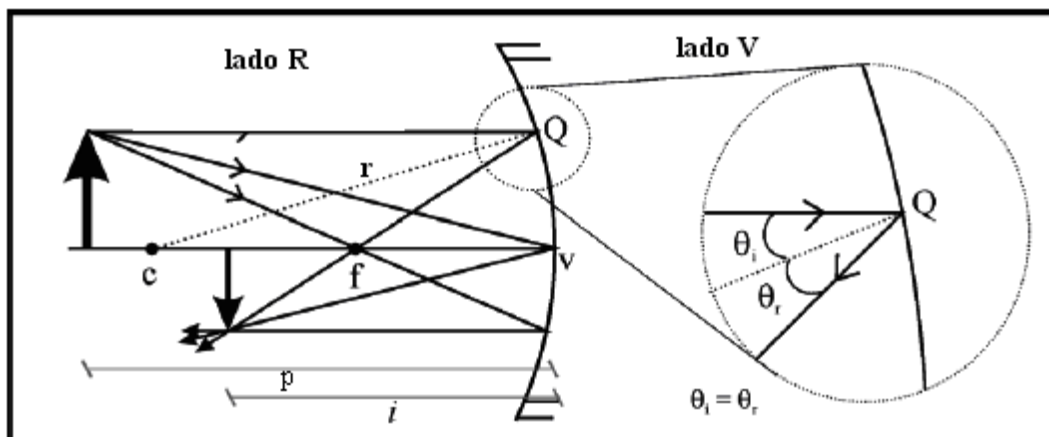


Figura 6: Representação esquemática dos raios luminosos em um espelho côncavo. Fonte: Almeida 2007.

No entanto, no que se segue o texto de Almeida (2007) se percebe a abordagem de raios facilitadores da construção da imagem, e são denominados de raios principais para o espelho esférico côncavo.

Para o espelho côncavo:

- i) o raio que incide paralelamente ao eixo central [...] é refletido passando pelo foco do espelho côncavo;
- ii) o raio que incide obliquamente no vértice de um espelho côncavo [...] é refletido fazendo com o eixo um ângulo igual ao de incidência;
- iii) o raio que passa pelo foco de um espelho côncavo [...] é refletido paralelamente ao eixo;
- iv) o raio que passa pelo centro de curvatura [...] atinge perpendicularmente a superfície do espelho e é refletido na direção de incidência (ALMEIDA, 2007, p. 59).

A figura a seguir completa o texto:

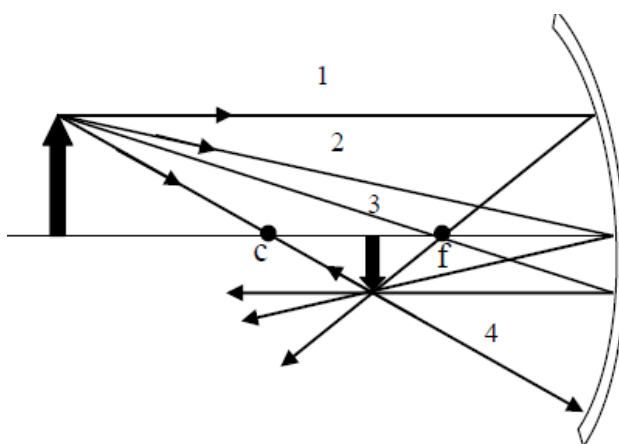


Figura 7: Diagrama de raios principais para o espelho côncavo. Fonte: Adaptado de Almeida 2007.

Cada um dos quatros raios principais apresentados por Almeida obedecem à segunda lei da reflexão, o que não é evidente em seu texto. Talvez seja interessante adicionar o quinto (v) raio principal como: o raio será refletido com o mesmo ângulo formado entre a normal, que é perpendicular ao ponto de incidência e o próprio raio de incidência.

Por outro lado, Almeida (2007) faz um levantamento das principais concepções alternativas envolvendo espelhos esféricos, e a primeira delas é a respeito da validade da 2ª lei da reflexão.

Os estudantes não consideram que a 2ª lei da reflexão seja aplicável para espelhos esféricos, acreditam que não é possível traçar uma normal para uma superfície esférica no ponto de incidência. Para alguns estudantes, a 2ª lei somente é válida para o centro de curvatura (ALMEIDA, 2007, p. 61).

Dessa forma, podemos entender melhor as respostas erradas dadas pelos alunos no teste, seja pela deficiente abordagem da 2ª lei da reflexão privilegiando regras e não o próprio conceito ou por entender que se trata de concepções alternativas, que são conhecimentos prévios na estrutura cognitiva do aluno.

Contudo, pela análise do gráfico 1, é possível verificar um aumento expressivo do número de certo para as questões 3 e 4 após a intervenção, mesmo tendo como dificultadores a concepção alternativa de que a 2ª lei da reflexão só funciona para o vértice do espelho côncavo e, ainda, que os materiais de ensino adotam principalmente os “denominados raios principais” em detrimento a 2ª lei da reflexão. Esse aumento do número de certo pode ter ocorrido devido intervenção, que por sua vez, pode ter possibilitado maior interação entre os alunos e com isso motivando a negociação de significados.

Comparando os resultados para “transformação de energia”, utilizando número de C e de E nas duas ultimas linhas da tabela 4 conforme o gráfico 2.

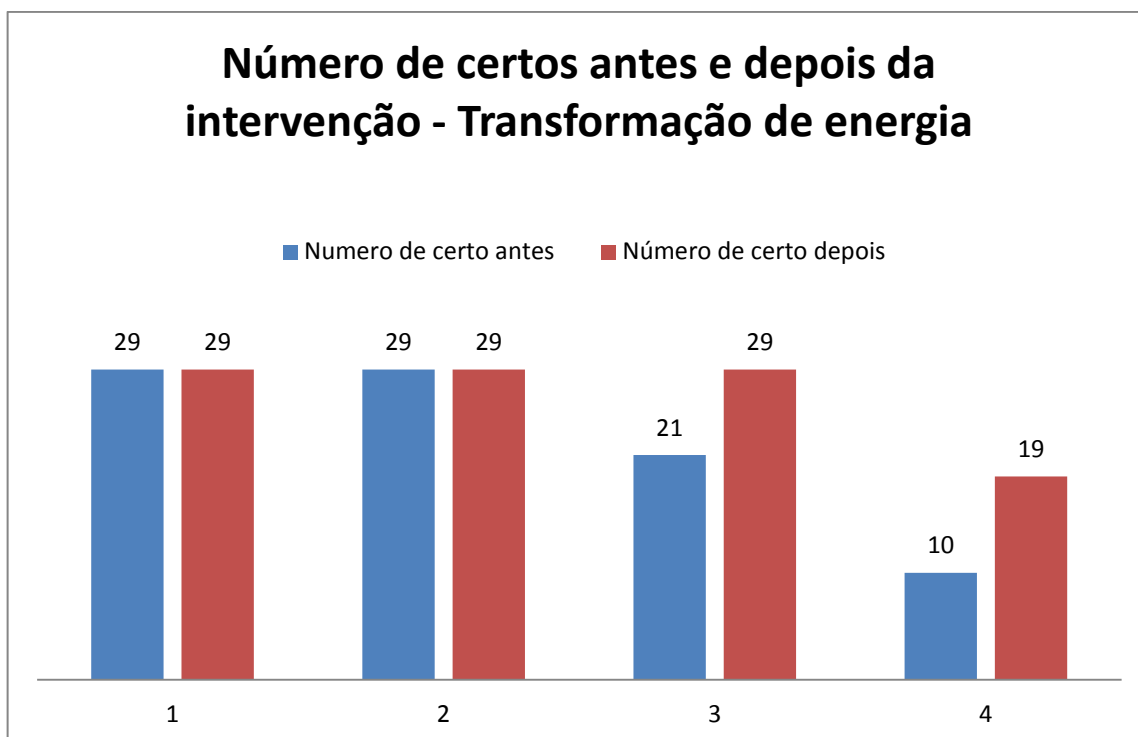


Gráfico 2: Representa o número de certo antes e depois da intervenção sobre conceitos de energia.

É possível verificar, no gráfico que tanto a questão 1 quanto a questão 2 apresentaram 100% de acerto antes e depois da intervenção. Para a questão 3, o número de certo que representava 72% antes passou para 100% depois. Já a questão 4 que possuía 34% de certo antes passou para 66% de certo depois.

A questão 1 pedia para citar algumas formas de energia enquanto a questão 2 perguntava se era possível verificar algum processo de transformação de energia.

As questões foram elaboradas com nível crescente de dificuldade sendo as duas primeiras as mais fáceis, seguida pela questão 3 e questão 4, sendo essa última a de nível mais difícil. Na questão 3 era necessário reconhecer uma sequência simples de transformação de energia e na questão 4 a relação entre transformação e dissipação de energia.

As questões abordadas tratam especificamente do processo de transformação de energia e, para isso, é importante reconhecer algumas formas de energia, assim como na questão 1. Com relação a questão 2, 100% dos alunos demonstraram que existe um processo de transformação, no entanto, para a questão 3 não houve unanimidade antes da intervenção quanto a sequência de transformação.

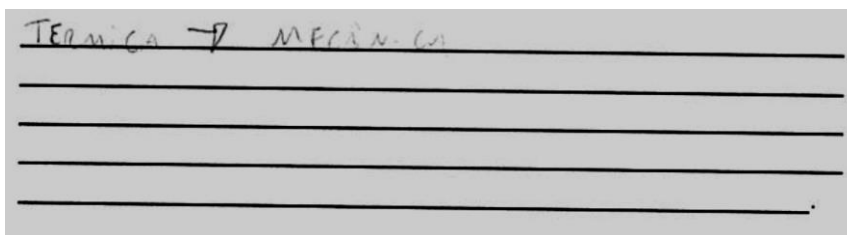


Figura 8: Resposta da 3ª questão do pré-teste apresentada pelo aluno V32, “Termica -> Mecânica”

Um fato importante a ser levado em conta é que o entendimento do processo de transformação de energia é de certa forma recente, para Bucussi (2006) nos séculos XVIII e XIX já estava acontecendo conexões entre fenômenos, permitindo conversões entre eles.

Ano	Pesquisador	Conversão
1768	Watt (1736-1819)	Térmica→cinética (máquina térmica)
1800	Volta(1745-1827)	Química→elétrica (pilha)
1820	Oersted (1777-1851)	Elétrica→magnética (eletroímã)
1821	Seebeck (1770-1831)	Térmica→elétrica (termopar)
1831	Faraday (1791-1867)	Magnética→elétrica (indução eletromagnética)
1840	Joule (1818-1889)	Elétrica→térmica (efeito joule)

Tabela 5: Algumas conversões conhecidas até o século XIX. Fonte: Bucussi 2006.

Por outro lado, a questão 4 vai além da transformação de uma energia em outra e faz uma relação entre “transformação de energia” e “dissipação de energia”, de tal forma que estão ligadas ao processo de conservação da energia. O fato de uma energia ser dissipada não significa a perda ou sumiço dela. Na verdade, no processo de transformação, parte da energia se transforma num tipo de energia que não será mais útil para aquela sequência de transformação analisada. Assim, recebe o nome de dissipada. Alguns materiais de ensino consideram essa energia dissipada como perdida do sistema.

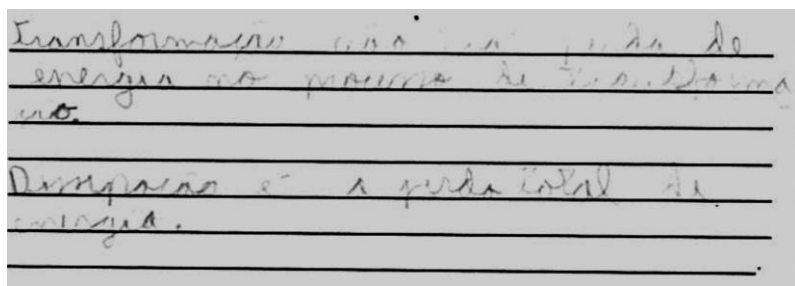


Figura 9: Resposta dada a 4ª questão do pré-teste pelo aluno V6.

Segundo resposta do aluno V6 “Transformação não há perda de energia no processo de transformação. Dissipação é a perda total de energia”.

Podemos perceber nessa resposta que o processo de “transformação de energia” precede o conceito de “conservação de energia”. Dessa forma, podemos imaginar como ponto de partida que exista uma quantidade de energia necessária a certo processo que será transformado em duas outras formas de energia, a energia tipo A que é necessária a continuidade do processo e na energia tipo B, não necessária a continuidade do processo. É interessante pensar que para otimizar a continuidade do processo se faz necessário reduzir a transformação da energia naquela do tipo B e aumentar a transformação da energia naquela do tipo A.

As conversões de calor em trabalho recebiam atenção especial, pois envolviam a busca de melhorar o rendimento da conversão, produzindo-se cada vez mais trabalho útil. A relação entre trabalho e calor passou a receber destaque na tentativa de se estabelecer o equivalente mecânico do calor (BUCUSSI, 2006, p. 11).

Ao analisar as respostas erradas da questão 4, antes da intervenção, foi possível perceber que alguns alunos entendiam que havendo dissipação de energia haveria perda, não deixando claro para onde iria essa perda, como se o sistema fosse perdendo sua energia se esvaindo dela. Outros alunos que responderam de forma errada demonstraram que a energia só é válida quando ela pertence ao sistema, no caso em questão, o experimento proposto por eles.

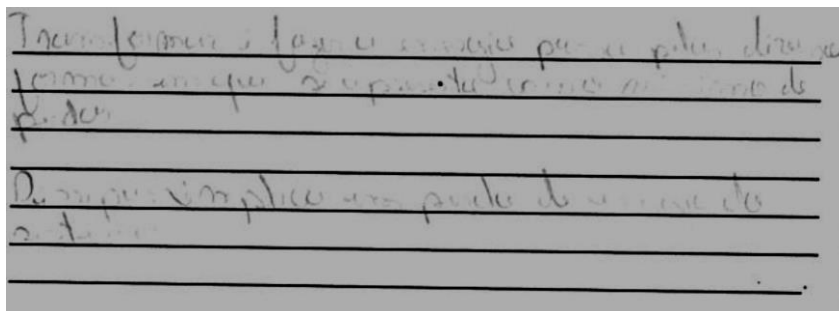


Figura 10: Resposta dada pelo aluno V11 a 4ª questão do pré-teste.

Segundo o aluno V11, “Transformar é fazer a energia passar pelas diversas formas em que se apresenta com o mínimo de perdas. Dissipar implica em perda de energia do sistema”.

Assim, esse último é diferente do anterior, pois aqui a energia está no sistema e fora dele ela não existe, no anterior, onde a energia é abstrata, independe do experimento e mesmo assim vai sendo consumida.

O fato de energia estar ligada a “algum fenômeno físico ou tecnológico” segundo o autor (ibid.), é uma concepção alternativa.

“A associação da energia com alguns fenômenos físicos facilmente observados, como a luz, o som, o calor, ou com as máquinas ou outros mecanismos tecnológicos que manifestem algum dos fenômenos físicos citados” (ibid.,p. 21).

Contudo, podemos observar que o número de C para as questões 3 e 4 é maior depois da intervenção do que antes a intervenção. Devemos levar em conta também aspectos dificultadores que possivelmente contribuíram negativamente para o processo, como a existência de concepções alternativas.

4.2 – Grau de segurança

Para as questões relacionadas à reflexão no espelho côncavo, o professor/mestrando tomou emprestada a ideia de Zandomênic (2006) que, por sua vez, utiliza como recurso da metacognição. A intenção, aqui, é verificar se o aluno respondeu de maneira consciente às questões e, com isso, inferir maior grau de segurança nos dados coletados. Em cada uma das questões, o aluno deveria assinalar se estava Muito Seguro, Seguro, Neutro, Inseguro ou Muito Inseguro da resposta dada, conforme tabela 3.

Após organizar os dados obtivemos a tabela 6.

		Questão 1		Questão 2		Questão 3		Questão 4			Total geral da linha	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois
Certo	MS; Sg	11	23	6	15	3	4	2	1		22	43
	Nt	5	1	4	5	2	5	0	8		11	19
	MI; I	6	1	3	3	1	5	0	2		10	11
Errado	MS; Sg	3	2	7	3	6	6	9	9		25	20
	Nt	1	0	4	2	9	4	8	4		22	10
	MI; I	3	1	5	1	8	4	10	4		26	10
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois		Antes	Depois
	Total de certo	22	25	13	23	6	14	2	11		43	73
	Total de errado	7	3	16	6	23	14	27	17		73	40

Tabela 6: Nas colunas os dados por questão antes e depois da intervenção, na horizontal a soma de certo e errado.

Na tabela 6, é possível acompanhar nas colunas os dados por questão antes e depois da intervenção e, na horizontal, a soma dos dados “Certo” e “Errado”.

É possível observar na tabela, em “Total geral da linha”, que aqueles alunos que responderam “Certo” obtiveram expressivo aumento nas categorias MS; Sg acompanhado da categoria Nt com relação ao antes e depois da intervenção. Para a categoria de MI; I obteve a variação mínima de uma unidade.

Para aqueles alunos que responderam “Errado”, é possível observar, nas mesmas colunas do parágrafo anterior, uma redução em todas as categorias relacionadas ao antes e depois da intervenção.

Podemos observar também o aumento do número “Total de Certo” e a diminuição do número “Total de Errado”, condição que apresenta de forma implícita, entre esses totais, correlação **negativa**, uma vez que, para o aumento de um Total, implica de forma obrigatória na redução do outro. Outras correlações entre os dados podem ser observadas no gráfico 3.

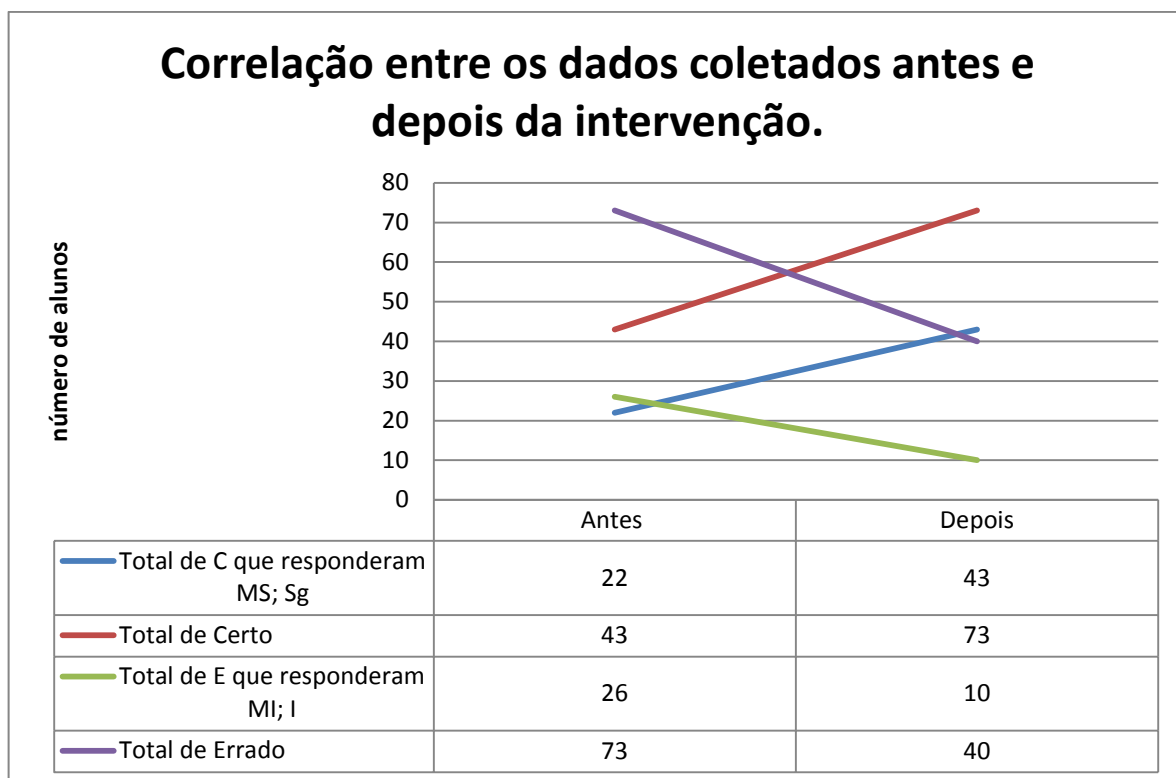


Gráfico 3: Total geral por item analisado antes e depois da intervenção.

Na análise do “Total de C que responderam MS; Sg” e o “Total de Certo”, observamos uma correlação **positiva** entre eles, pois o aumento de um sugere o aumento do outro. Assim, temos maior confiança nas respostas dadas, pois além de acertarem mais, os alunos demonstraram maior segurança naquela resposta certa. Observamos também que o “Total de C que responderam MS; Sg” possui correlação **negativa** em relação a “Total de E que responderam MI; I” e “Total de Errado”, ou seja, o aumento da primeira sugere a redução das duas últimas. Isso corrobora a análise, pois, apesar de reduzir o número de alunos que deram respostas de forma insegura, diminuiu também o número de respostas erradas.

Dessa forma, para esses dados, podemos dizer que houve diminuição do número de respostas erradas e aumento do número de respostas certas, acompanhada do aumento da certeza de que tal resposta certa estava de fato correta. Isso pode indicar, mais uma vez, a influência da intervenção.

4.3 – Motivação

A motivação pode estar ligada à aprendizagem significativa, pois, para aprender, é necessário que o aluno queira aprender de forma significativa. Um aluno pode não querer algo se não estiver motivado. A atividade de construção dos experimentos pelos próprios alunos pode ser motivadora, mesmo sem contar com aulas sobre os conteúdos físicos aplicados aos experimentos.

Mas dizer que a aprendizagem humana é essencialmente receptiva ou dizer que não é preciso descobrir para aprender não significa ser contra a aprendizagem por descoberta, a qual do ponto de vista didático pode, por exemplo, ser importante como motivadora ou mais adequada para facilitar certas aprendizagens, tais como procedimentos científicos (MOREIRA, 2011b, p.34).

A motivação pode ter reflexo na relação professor/aluno, pois, sendo a atividade motivadora ou estando os alunos motivados com a atividade desenvolvida, a relação entre eles deve apresentar evolução. Talvez a avaliação discente, aquela em que o aluno avalia o professor, comum em algumas instituições de ensino, possa demonstrar essa evolução da relação professor/aluno através das notas recebidas pelo professor. Se as atividades desenvolvidas trouxeram benefícios aos alunos, os mesmos tendem a aumentar sua relação de empatia com o professor e o reflexo disso pode ser a melhora da avaliação dada ao professor.

A tabela 7 mostra a avaliação discente antes da intervenção e depois da intervenção. A turma 1 e a turma 2, na verdade, formam uma mesma turma. Essa separação acontece no sistema e serve para distribuir a quantidade de alunos nos laboratórios, quando um professor está com a turma 1, outro está com a turma 2. Em alguns casos, um mesmo professor trabalha com as duas turmas ao mesmo tempo.

Nº	ITENS	Antes da intervenção			Depois da intervenção		
		Turma 1	Turma 2	Média	Turma 1	Turma 2	Média
1	Deixa claro o(s) objetivo(s) da disciplina	2,67	2,71	2,69	3,07	3,27	3,17
2	Informa o programa da disciplina	2,53	2,71	2,62	3,13	3,27	3,20
3	Demonstra clareza e objetividade na explicação dos conteúdos da disciplina.	2,40	2,86	2,63	3,07	3,33	3,20
4	Integra os conteúdos trabalhados com o(s) objetivo(s) da disciplina.	2,60	2,71	2,66	3,07	3,33	3,20
5	Costuma apontar relevância e/ou aplicação do conteúdo estudado	2,73	2,71	2,72	2,93	3,20	3,07
6	Indica fontes de consulta adequadas à proposta da disciplina.	2,13	2,79	2,46	2,73	3,00	2,87
7	Cumprir o programa da disciplina.	2,73	2,79	2,76	3,20	3,07	3,14
8	Utiliza adequadamente os recursos Didáticos disponíveis ao(s) objetivo (s) da disciplina.	2,53	2,79	2,66	3,20	3,07	3,14
9	Proporciona oportunidades de questionamentos e esclarecimentos de dúvidas.	2,07	2,71	2,39	2,47	3,00	2,74
10	Apresenta previamente os critérios de avaliação aos alunos.	2,47	2,71	2,59	3,07	3,20	3,14
11	Incentiva os alunos ao questionamentos dos fundamentos, teorias, conceitos.	2,07	2,79	2,43	2,67	3,07	2,87
12	Estabelece uma relação cortês e em nível adequado com os alunos.	2,33	2,79	2,56	2,87	3,27	3,07
13	Destaca os aspectos éticos envolvidos na utilização de determinados conteúdos científicos e técnicos	2,13	2,71	2,42	2,53	3,07	2,80
14	É pontual quanto aos horários de início e término das aulas.	2,73	2,64	2,69	3,07	3,20	3,14
15	É frequente.	3,00	2,64	2,82	3,40	3,27	3,34
16	Exige pontualidade.	2,80	2,71	2,76	3,13	3,13	3,13
17	Exige frequência.	2,60	2,71	2,66	3,07	3,13	3,10
18	Estimula os alunos a integrar conhecimento com outras disciplinas correlacionadas	2,27	2,79	2,53	2,67	3,13	2,90
19	Utiliza instrumentos de avaliação adequada ao(s) objetivo(s) da disciplina.	2,73	2,50	2,62	3,33	3,13	3,23
20	Exige nas avaliações de aprendizagem os conteúdos desenvolvidos.	2,87	2,71	2,79	3,20	3,27	3,24
		Média total antes (variando de 0 a 4)		2,62	Média total depois (variando de 0 a 4)		3,08
		Média total antes (na forma %)		65,54	Média total depois (na forma %)		77,06

Tabela 7: Avaliação discente por item avaliado e as médias antes e depois da intervenção.

Os alunos não deram nota, eles escolheram apenas critérios de Ruim a Ótimo, o sistema atribuiu pontos de zero a quatro para cada um desses critérios.

Na tabela a seguir, é possível verificar como foi gerada uma das notas que compõe a tabela anterior, onde o sistema atribui pontuação fixa para cada critério e multiplica

pelo total de aluno que responderam cada critério, obtendo, assim, o total por critério.

Critério	Pontos	nº de Alunos	Total por critério	%
Ruim	0	1	0	6,67
Regular	1	3	3	20,00
Abstenho-me	2	2	4	13,33
Bom	3	4	12	26,67
Ótimo	4	5	20	33,33
Total da coluna		15	39	100
			Média =	2,60

Tabela 8: Cálculo da média por item.

A média 2,60 representa a média aritmética do total de pontos somados na coluna “Total por critério”, dividido pela soma da coluna “nº de alunos” que responderam cada critério. Como exemplo, temos o item 4, “Integra os conteúdos com o(s) objetivo(s) da disciplina” para a turma 1, antes da intervenção.

Abaixo, podemos ver como essas informações são mostradas para o professor avaliado. No gráfico, está representado o item dito no parágrafo anterior.

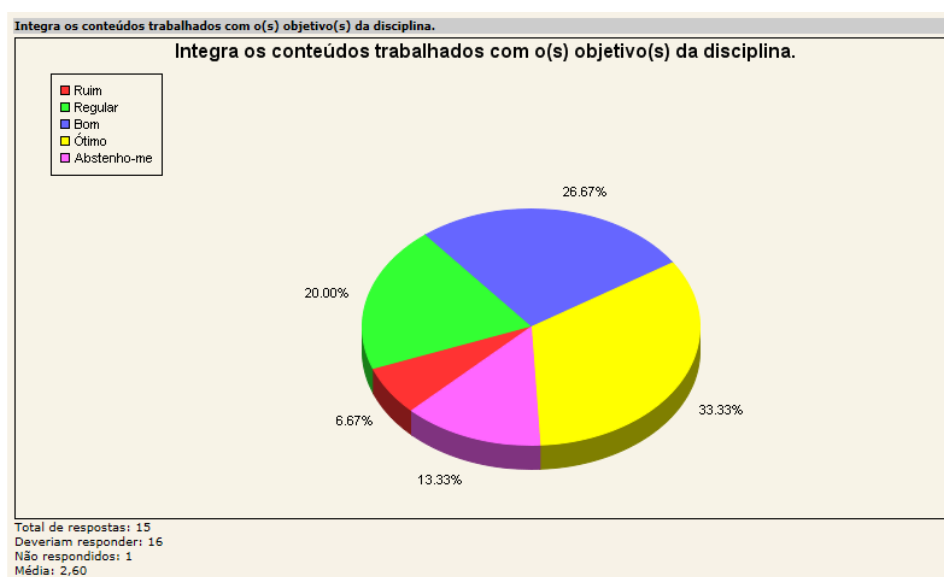


Gráfico 4: Distribuição percentual dos critérios de um dos itens avaliados. Fonte:

<[As turmas 1 e 2 apresentaram melhora em todos os itens, comparando o antes e depois da intervenção. É possível perceber que a “Média total antes” passou de 65,54% para “Média total depois” de 77,06%, assim é possível dizer que a satisfação](https://academico3.cefetes.br/qacademico/index.asp?t=1023&Cod_Aplicacao_Questionario=4457&Cod_Avaliado=144300.></p>
</div>
<div data-bbox=)

dos alunos com o professor melhorou. Algum motivo fez com que os alunos avaliassem bem o professor.

4.4 – Mapas Conceituais

Os Mapas Conceituais foram aqui classificados conforme critérios elaborados por Mendonça (2012). Os dados coletados a partir da análise dos MC formaram as tabelas 9. O Mapa Conceitual I (MCI), para os dados referentes ao momento antes da intervenção e Mapa Conceitual II (MCII), para depois da intervenção. São apresentados de forma resumida a seguir:

Resultado geral da quantidade de conceitos e proposições						
Alunos	MCI		MCII		CV	PV
	CV	PV	CV	PV	MCII-MCI	MCII-MCI
V1					0	0
V2	15	15	9	8	-6	-7
V3					0	0
V4	7	9	10	9	3	0
V5	14	15	15	16	1	1
V6	5	4	5	4	0	0
V7	6	6	18	17	12	11
V8	10	11	8	7	-2	-4
V9	8	8	11	11	3	3
V10	12	14	12	13	0	-1
V11	7	6	8	7	1	1
V12	18	19	21	23	3	4
V13	10	9	9	8	-1	-1
V14	12	12	18	21	6	9
V15	4	3	10	9	6	6
V16	9	8	10	9	1	1
V17					0	0
V18	9	10	11	10	2	0
V19	9	9	12	14	3	5
V20	12	12	11	11	-1	-1
V21	10	10	12	13	2	3
V22	12	12	12	11	0	-1
V23	9	10	13	13	4	3
V24	11	11	13	12	2	1
V25	12	13	16	18	4	5
V26			9	8	9	8
V27	10	10	11	10	1	0
V28					0	0
V29	16	16	15	20	-1	4
V30	9	8	9	8	0	0
V31	8	7	12	11	4	4
V32					0	0
			TOTAIS		56	54
Nota. CV = Conceitos Válidos; PV = Proposições Válidas						
MCI = 1º Mapa Conceitual; MCII = 2º Mapa Conceitual						

Tabela 9: Diferença entre proposições e conceitos válidos, antes e depois da intervenção.

Na tabela é possível ver nas duas colunas da direita, primeiro a diferença entre o número e CV do MC II subtraído do CV do MC I, em segundo na última coluna, a diferença entre o número de PV do MC II subtraído das PV do MC I. Em “TOTAIS” temos um aumento de 56 conceitos válidos e de 54 proposições válidas. Podemos então considerar que o conjunto de MC II apresentou maior número de conceitos válidos do que o conjunto de MC I. Esse resultado pode sugerir três fatos. A primeira delas é que parte dos alunos absorveram novos conceitos depois da intervenção, que na verdade pode ser aquele conceito já utilizado por outro colega antes da intervenção. Para Mendonça (2013) este fato pode estar relacionado com a troca de significados entre eles, onde através da interação, alguns se apropriaram de conceitos associados a outros colegas. Em segundo, pode ter havido negociação de significado entre o conhecimento prévio individual e aquele novo conhecimento adquirido através da intervenção.

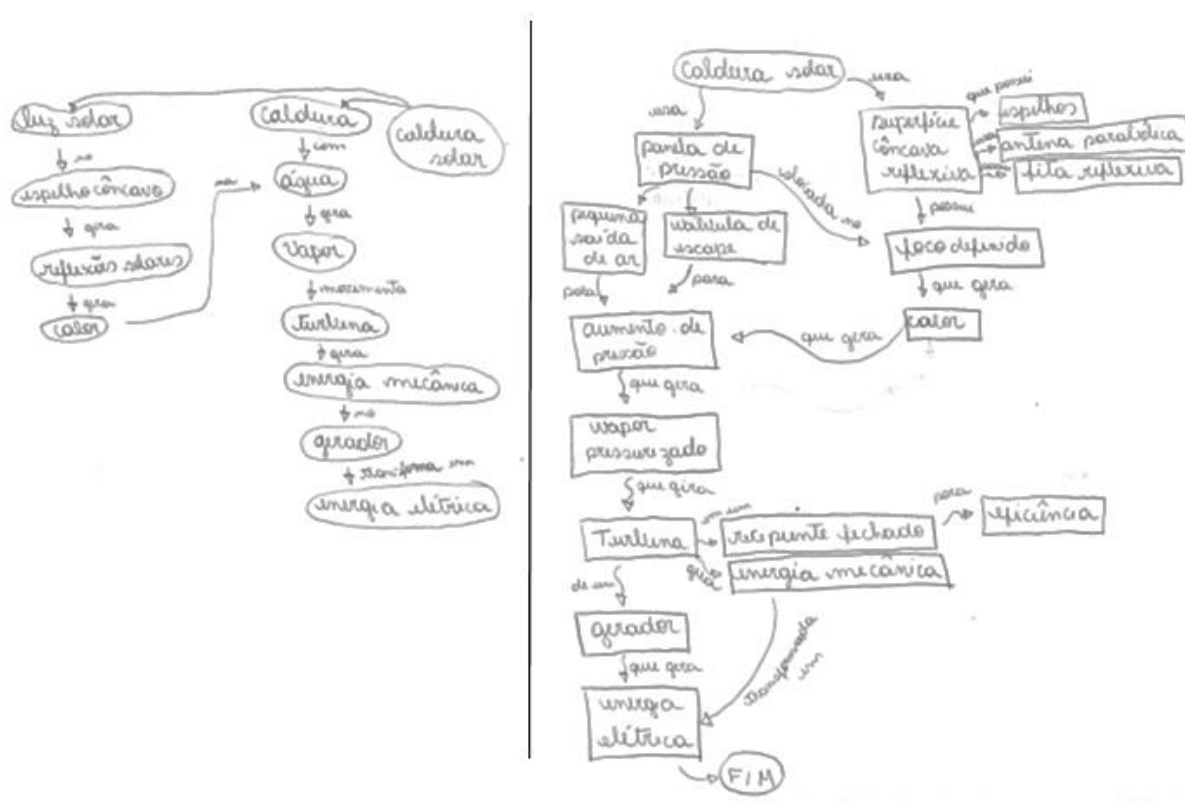


Figura 11: À esquerda o mapa conceitual do confeccionado antes da intervenção e a direita após a intervenção, ambos do aluno V14. Nota-se a apropriação de novos conceitos.

Conforme a autora (ibid.) este fato pode estar relacionado com a busca de novos conhecimentos. Em terceiro, pode ter acontecido ambas as coisas ao mesmo tempo

em que se desenvolvia a intervenção. Esses fatos observados de forma quantitativa pode sugerir a ocorrência de aprendizagem significativa uma vez que nos três casos se observa elementos associados a AS.

A próxima tabela apresenta o resultado geral da qualidade dos dois mapas. Nas linhas em vermelho os alunos V1, V3, V17, V28 e V32 tiveram os dados dispensados da análise por terem em algum momento deixado de realizar alguma atividade. Nas linhas em amarelo, os alunos V4 e V8 apresentaram piora na qualidade do mapa. Em azul, aqueles alunos que mantiveram a qualidade do mapa no antes e depois da intervenção. Em verde, temos aqueles alunos que melhoraram a qualidade do mapa após a intervenção.

Nas linhas horizontais, inferiores pode-se ver o número de alunos presentes em cada qualidade, com o percentual que representam do total de alunos, tanto para o MCI como para o MCII. É possível ver que o Mapa Bom passou de 29,6% para 44,4% e que o Mapa Deficiente passou de 3,7% para 0%. O Mapa Regular variou de 66,7% para 55,6%.

A redução do percentual de MD para 0%, concomitante ao aumento do MB para 44,4%, é uma situação que evidencia um avanço na aprendizagem conceitual, segundo Mendonça (2012), além de se apresentar como resposta positiva ao instrumento utilizado. Então, podemos dizer que esse conjunto de alunos passou por uma evolução conceitual.

Resultado geral da qualidade dos dois mapas						
Alunos	MCI			MCII		
	MB	MR	MD	MB	MR	MD
V1						
V2		1			1	
V3						
V4	1				1	
V5	1			1		
V6		1			1	
V7		1		1		
V8	1				1	
V9		1		1		
V10		1		1		
V11		1			1	
V12	1			1		
V13		1			1	
V14	1			1		
V15		1			1	
V16		1			1	
V17						
V18	1			1		
V19		1		1		
V20		1			1	
V21		1		1		
V22		1			1	
V23		1		1		
V24		1			1	
V25	1			1		
V26			1		1	
V27		1			1	
V28						
V29	1			1		
V30		1			1	
V31		1			1	
V32						
TOTAL	8	18	1	12	15	0
%	29,6	66,7	3,7	44,4	55,6	0,0
Nota. MB = Mapa Bom; MR = Mapa Regular; MD = Mapa Deficiente.						
	Descartados da pesquisa.					
	Apresentaram piora na qualidade do mapa.					
	Mantiveram a qualidade do mapa.					
	Melhoraram a qualidade do mapa.					

Tabela 10: Evolução de conceitos do MCII em relação ao MCI.

Categoria	Conceitos	Citações	
	Subcategoria	MC I	MC II
Conceitos chaves	Concentração de energia	1	1
	Conversão de energia	5	4
	Energia concentrada	1	1
	Transformação de energia	4	6
Conceitos mais específicos	Energia	4	0
	Captação solar	0	1
	Energia cinética	9	6
	Energia elétrica	11	20
	Energia limpa	0	1
	Energia mecânica	6	13
	Energia potencial	1	0
	Energia química	1	1
	Energia solar	4	6
	Energia térmica	8	11
	Foco definido	0	1
	Fonte de calor	2	4
Conceitos Físicos mais gerais	Calor	16	16
	Campo magnético	0	1
	Convecção	2	6
	Corrente	1	4
	Densidade	0	1
	Deslocamento	0	3
	Ebulição	3	3
	Eficiência	0	1
	Frequência	0	1
	Inércia	1	1
	Lei de Faraday	0	1
	Lei de Lenz	0	1
	Movimento	13	15
	Velocidade angular	0	1
	Velocidade	0	1
	Troca de calor	2	1
	Ótica	1	2
	Potência	1	0
	Pressão	6	13
	Reflexão	6	5
	Torque	2	1
	Tração	2	3

Alguns tipos de conceitos	Ângulo de reflexão	0	1
	Aquecimento	8	4
	Dínamo	2	5
	Espelho	11	18
	Espelho côncavo	6	12
	Expansão	9	6
	Foco	4	11
	Fonte fria	2	1
	Fonte quente	2	1
	Geração	6	2
	Giro	3	7
	Mecânica	7	15
	Plasticidade	0	1
	Resfriamento	2	3
	Rotação	2	3
	Sol	25	29
	Superfície côncava	0	2
	Superfície escura	1	1
	Superfície refletora	0	1
	Sustentabilidade	0	1
	Sustentável	0	1
Conceitos e estruturas dos experimentos	Antena	0	5
	Ar	1	0
	Ar frio	1	3
	Ar quente	2	6
	Cooler	0	1
	Diferença de pressão	0	1
	Eixo	1	1
	Extração	0	1
	Fibra	1	1
	Fita refletiva	0	1
	Fluído	2	0
	Fluxo	1	0
	Gerador	6	7
	Hélice	1	1
	Imersão	0	1
	Impermeabilidade	0	1
	Incidência de luz	0	1
	Luz	2	0
	Panela de Pressão	0	1
	Parabólica	0	2
	Pistão	4	7
	Química	2	2
	Recipiente	1	1
	Resultado	1	1
	Teste	1	1
	Tubulação	1	0
	Turbina	9	5
	Válvula	0	1
	Vapor	10	6
	Vira brequim	0	1
	Volante	0	1
Total de conceitos citados		250	342
Total de conceitos novos em relação ao MC I		31	
Total de conceitos que deixaram de ser citados no MC II		8	

Tabela 11: Conceitos citados e número de conceitos citados antes e depois da intervenção.

É possível verificar o aumento do número de conceitos no MC II em relação ao MC I. Também o número de conceitos novos, trinta e um (31), no MC II, é expressivamente maior do que aqueles conceitos que não foram citados novamente, oito (8). Além disso, cinco (5) desses conceitos deixaram de se repetir no MC II, numa categoria qualitativamente inferior às outras. Junto a isso, se observa o aumento do número de conceitos de categoria qualitativamente melhor, no conjunto de mapas MC II. Esse aumento de melhores conceitos significa, segundo Mendonça (2012), uma demonstração de que o conhecimento prévio dos alunos foi modificado, o método favoreceu a captação de significados, portanto pode ser tomado como evidência de que o ensino foi potencialmente significativo.

CAPÍTULO V

CONCLUSÃO

Essa dissertação possui, como primeiro objetivo, avaliar a ocorrência de aprendizagem significativa no processo de construção de um experimento. O segundo objetivo é a construção de um produto que possa auxiliar outros professores na construção de experimentos junto a seus alunos.

Para a verificação de que trata o primeiro objetivo, foram feitas coletas de dados antes do início da construção do experimento e depois da finalização da construção do experimento. Os dados são referentes ao pré-teste e pós-teste. No pré e no pós-teste relativo aos conhecimentos de espelho côncavo, foram utilizadas ferramentas para verificar o grau de segurança das respostas dadas. Também foram confeccionados pelos alunos dois mapas conceituais, um antes da construção do experimento e outro depois da construção do experimento. Além disso, foram analisadas as avaliações discentes antes e depois da construção do experimento. A construção do experimento também é chamada de “intervenção” nesse trabalho.

No comparativo entre o pós-teste e o pré-teste, tanto naquele sobre espelho côncavo como naquele sobre energia, foi possível constatar o aumento do número de respostas certas (C), sobretudo naquelas questões de conceitos mais profundos, portanto, de maior grau de dificuldade. Esse aumento do número de C e consequente redução do número de respostas errada (E) significa, assim como em qualquer teste, o nível de aprendizagem dos alunos. Portanto, podemos dizer que o nível de aprendizagem após a intervenção é superior ao de antes da intervenção.

Quanto ao grau de segurança, se verifica um aumento no número de respostas assinaladas nas condições “muito seguro” (MS) e “seguro” (Sg), para aquelas questões respondidas corretamente, e redução do número de respostas assinaladas nas mesmas condições, MS e Sg, para aquelas respondidas de forma errada. Dessa forma, é possível apontar uma correlação positiva entre o número de MS e Sg com o

número de C. O aumento de um está relacionado ao aumento do outro, e isso significa que os alunos estavam mais seguros daquilo que aprenderam. Por outro lado, comparar o número de MS e Sg com o número de E, permite apontar uma correlação negativa. Quanto mais seguros estavam os alunos daquilo que aprenderam, menos eles erraram.

Na avaliação discente antes da intervenção, o professor/mestrando recebeu, na média total, 2,62 pontos, valor que corresponde a 65,54% do total de pontos possíveis. Após a intervenção, a média total passou para 3,08 pontos, correspondente a 77,06% do total possível. De alguma forma, a intervenção favoreceu esse aumento do conceito do professor/mestrando junto aos alunos. A ideia é que os alunos estavam motivados com a atividade proposta, aumentando, assim, a empatia com o professor/mestrando.

Na análise dos Mapas Conceituais, o grupo de Mapas confeccionados após a intervenção mostrou conceitos qualitativamente melhores do que no grupo de Mapas feitos antes da intervenção. O resultado geral da qualidade dos Mapas melhorou comparando o antes e depois da intervenção. Aumentou também o número de conceitos novos, aqueles que não foram empregados no primeiro Mapa. Esses elementos podem ser evidências de que o ensino foi potencialmente significativo e, segundo Mendonça (2012), favoreceu a captação de significados.

Pelo exposto, é possível observar melhora em todos os indicadores analisados nessa dissertação. Dessa forma, posso inferir que a construção do experimento proporcionou a troca de significados, bem como a apropriação de novos conceitos e de melhor qualidade, relacionada de forma substantiva e não arbitrária com seus conhecimentos prévios. De acordo com os indicadores analisados, é cognoscível que os alunos sabiam mais sobre espelho côncavo e energia após a intervenção.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2003.
- ALMEIDA, Voltaire de Oliveira Almeida; CRUZ, Carolina Abs da; SOAVE, Paulo Azevedo. **Concepções alternativas em óptica**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2007.
- BUCUSSI, Alessandro A. **Introdução ao conceito de energia**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006.
- CAPPELLETTO, Eliane. **O vê de Gowin conectado teoria e experimentação em física em geral: questões didáticas, metodológicas e epistemológicas relevantes ao processo**. 2009. 297 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Porto Alegre, 2009.
- CICUTO, Camila Aparecida Tolentino; CORREIA, Paulo Rogério Miranda. Estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas em mapas conceituais: um ponto de partida para promover a aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista (Meaningful Learning Review)**. v. 3, n. 1, p. 1-11, 2013.
- FERRACIOLI, Laércio. O 'V' Epistemológico como instrumento metodológico para o processo de investigação. **Revista Didática Sistemática**, v. 1, out./ dez. 2005.
- FERRACIOLI, Laércio. Mapas conceituais como instrumento de eliciação de conhecimento. **Revista Didática Sistemática**, v. 5, jan./ jun. 2007.
- GOUVÊA, F. C. Motivação e atividade esportiva. In: MACHADO, A. A. (Ed.). *Psicologia do esporte*. Jundiaí: Ápice, 1997.
- GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini; BZUNECK, José Aloyseo. Propriedade psicométrica de uma medida de avaliação da motivação intrínseca e extrínseca: um estudo exploratório. **Psico-USF**, v. 7, n. 1, p. 01-08, 2002.
- GUIMARÃES, S. E. R.; BZUNECK, J. A. Propriedades psicométricas de um instrumento para avaliação da motivação de universitários. **Revista Ciências & Cognição**. v. 13, p. 101-113, 2008.
- HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. **Crenças e atitudes sobre o uso de atividade experimentais e computacionais no ensino de física por parte de professores do ensino médio**. 2011. 135 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Porto Alegre, 2011.
- LÓPEZ, A.; GONZÁLEZ, V. Niveles de Satisfacción por la Clase de Educación Física. **EFDeportes.com, Revista Digital**, Buenos Aires, v. 6, n. 32, mar., 2001.
- MARTINHO, Marcos Paulo da Cunha. **O experimento de Ptolomeu: uma introdução ao estudo da refração luminosa**. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
-

MENDONÇA, Conceição Aparecida Soares. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia**. 2012. Tese (Doutorado) - Programa Internacional de Doctorado Enseñanza de Las Ciências, Universidade de Burgos, Burgos, 2012.

MENDONÇA, Conceição Aparecida Soares. **Critérios utilizados para analisar Mapas Conceituais em vários níveis de ensino**. Apostila para ser apresentado no congresso, Pernambuco 2013.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011b.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica**. Madrid: 2006. Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista (Meaningful Learning Review)**. v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011a.

MOREIRA, Marco Antonio. **Subsídios metodológicos para o professor pesquisador em ensino de ciências**. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2009. Compilação de trabalhos publicados ou apresentados em congressos sobre o tema Métodos Qualitativos e Quantitativos a fim de subsidiar teoricamente o professor investigador, em particular a área de ensino de ciências.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOTTA, Leonardo Sampaio. **Estática de corpo extenso: uma abordagem experimental**. 1995. 60 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

NEY, Jeferson. **A utilização combinada de experimentos demonstrativos, vídeos e simulações computacionais no ensino da física: um estudo exploratório no contexto de aulas expositivas**. 2014. 110 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Vitória, 2014.

OLIVEIRA, Ângelo Mozart Medeiros de. **Análise da relação dos estudantes com as atividades experimentais de eletromagnetismo utilizando o vê de Gowin em contraposição ao relatório tradicional**. 2011. 184 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Porto Alegre, 2011.

PFROMM NETO, Samuel. **Psicologia da Aprendizagem e do Ensino**. São Paulo: EPU, 1987.

PLAUSKA, Geraldo Claret. **Experimento e aprendizagem**: uma aula introdutória à mecânica dos fluidos. 2013. 96 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

RONCA, Paulo Caruso. **A prova operatória**, São Paulo: Finep, 1996.

SANTOS, Júlio César Furtado dos. O papel do professor na promoção da aprendizagem significativa. **Revista Científica UNIABEU**, Belford Roxo, v. 1, p.9-84, 2008.

SILVA, Rogério Oliveira. **A utilização de um material instrucional baseado na teoria da aprendizagem significativa para aprendizes-marinheiros**: uma introdução ao estudo do movimento dos corpos. 2015. 263 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Vitória, 2015.

SILVA, Sergio Tobias da. **Propagação som**: conceitos e experimentos. 2011. 77 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOUZA, Anderson Ribeiro de. **Experimentos em ondas mecânicas**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOUZA, Saulo A. de; REINERT, José N. Avaliação de um curso de ensino superior através da satisfação/insatisfação discente. **Avaliação**, Campinas; Sorocaba, v. 15, n. 1, p. 159-176, mar. 2010.

VIEIRA, Leonardo Pereira. **Experimentos de Física com Tablets e Smartphones**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ZANDOMÊNICO, João Maurício. **Uma proposta de realização de uma feira científica de física em uma escola de ensino médio**. 2014. 170 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Vitória, 2014.

ANEXOS

ANEXO I – Ficha para confecção do mapa conceitual.

MAPAS CONCEITUAIS

Nome: _____ Data: ____/____/____

Projeto: _____

Construa abaixo, um mapa conceitual da ciência física envolvida no seu projeto.

[illegible]

ANEXO II – Planos de pesquisa para o desenvolvimento dos experimentos.**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CAMPUS GUARAPARI

Estrada da Tartaruga, S/Nº – Bairro Muquiçaba – 29215-090 – Guarapari – ES

27 3362-6607

PLANO DE PESQUISA**ORIENTADOR:**

Leandro Valle Soares

COORDENADOR:

Marco Valério Kuhlman Raggi

TÍTULO:

Caldeira solar.

PROBLEMA:

Como transformar a energia solar em energia elétrica?

HIPÓTESE CIENTÍFICA:

É notória a busca por novas formas de energia a fim de atender a crescente demanda da humanidade, sobretudo a forma alternativa de energia, àquela que não comprometa as questões ambientais.

Nesse contexto, é possível refletir a luz solar incidente sobre uma área para um ponto de menor tamanho, concentrando sua intensidade. Dessa forma sendo capaz de aquecer uma espécie de caldeira para gerar vapor o suficiente para mover um rotor (turbina) e conseguinte gerador elétrico (dínamo).

DESCRIÇÃO DE MATERIAIS E MÉTODOS:

Será construída uma estrutura parabólica espelhada cujo foco deve conter um recipiente metálico resistente à pressão interna (caldeira) com válvula de escape de vapor. O vapor deve ser direcionado por duto para uma câmara com rotor ou turbina, capaz de transformar a pressão do vapor em movimento circular com torque suficiente para mover o eixo de um rotor e acoplado a ele um dínamo gerador de eletricidade.

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CAMPUS GUARAPARI

Estrada da Tartaruga, S/Nº – Bairro Muquiçaba – 29215-090 – Guarapari – ES
27 3362-6607**PLANO DE PESQUISA****ORIENTADOR:**

Marco Valério Kuhlman Raggi

COORIENTADOR:

Leandro Valle Soares

TÍTULO:

Geração de energia limpa.

PROBLEMA:

Como transformar a energia solar em energia elétrica utilizando motor Stirling?

HIPÓTESE CIENTÍFICA:

É notória a busca por novas formas de energia a fim de atender a crescente demanda da humanidade, sobretudo a forma alternativa de energia, àquela que não comprometa as questões ambientais.

Nesse ambiente, é possível construir um espelho côncavo que reflita a radiação solar incidente sobre seu foco, onde nele esteja a parte inferior de um motor Stirling. Dessa forma substituindo a fonte térmica de combustão pela energia solar concentrada. Aproveitar o movimento circular do volante de inércia do motor Stirling para mover o eixo do gerador (dínamo) acoplado a ele e assim produzir eletricidade.

DESCRIÇÃO DE MATERIAIS E MÉTODOS:

Será construída uma estrutura parabólica com superfície refletiva com suporte no foco para apoiar um motor Stirling. O motor será confeccionado com volante de inércia com acoplamento de eixo para transmitir o movimento de giro ao eixo de um gerador elétrico. O movimento circular deve possuir torque suficiente para mover o dínamo gerador de eletricidade.

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CAMPUS GUARAPARI

Estrada da Tartaruga, S/Nº – Bairro Muquílçaba – 29215-090 – Guarapari – ES
27 3362-6607**PLANO DE PESQUISA****ORIENTADOR:**

Leandro Valle Soares

COORIENTADOR:

Diego Nunes Bertolani

TÍTULO:

Tubo de convecção - Transformar energia solar em energia elétrica.

PROBLEMA:

Como transformar a energia solar em energia elétrica?

HIPÓTESE CIENTÍFICA:

É notória a busca por novas formas de energia a fim de atender a crescente demanda da humanidade, sobretudo a forma alternativa de energia, àquela que não comprometa as questões ambientais.

Nesse ambiente, é possível construir um aparato que reflita a radiação solar incidente sobre uma área, para outra região menor, concentrando sua intensidade. Dessa forma, aquecer uma espécie de tubo cilíndrico, nessa região menor, promovendo correntes de convecção em seu interior. Aproveitar o movimento ascendente dos gases atmosféricos para mover um rotor e consequente gerador elétrico (dínamo).

DESCRIÇÃO DE MATERIAIS E MÉTODOS:

Será construída uma estrutura cilíndrica vertical com pequeno orifício na parte inferior da para a entrada de gases frios. Outra abertura na parte superior para permitir a passagem da corrente de convecção de gases atmosféricos aquecidos, onde também contará com um rotor para transformar esse movimento ascendente em movimento de rotação. O movimento circular deve possuir torque suficiente para mover o eixo do rotor e acoplado a ele um dínamo gerador de eletricidade.

ANEXO III – Questões aplicadas no pré e pós-teste.

Nome: _____ Data: _____ Grupo: _____

Leia o texto a seguir:

Pode-se definir um espelho esférico como uma superfície curva que reflete especularmente a luz. Se ocorrer a reflexão da luz em sua parte interna, tem-se um espelho côncavo, caso ocorra na parte externa, o espelho é convexo. Os elementos de um espelho esférico são: o ponto “v” denominado *vértice do espelho*; o ponto “c” é o *centro de curvatura*; o raio “r”, é o *raio de curvatura*, que corresponde à distância entre o ponto “c” e o espelho; o *ponto focal* “f”. A distância entre o ponto focal e o centro do espelho é chamada de *distância focal*. (ALMEIDA, V. O.; CRUZ, Carolina Abs da; . SOAVE, Paulo Azevedo. *Concepções alternativas em óptica*. Porto Alegre : UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2007. v. 18, n. 2.)

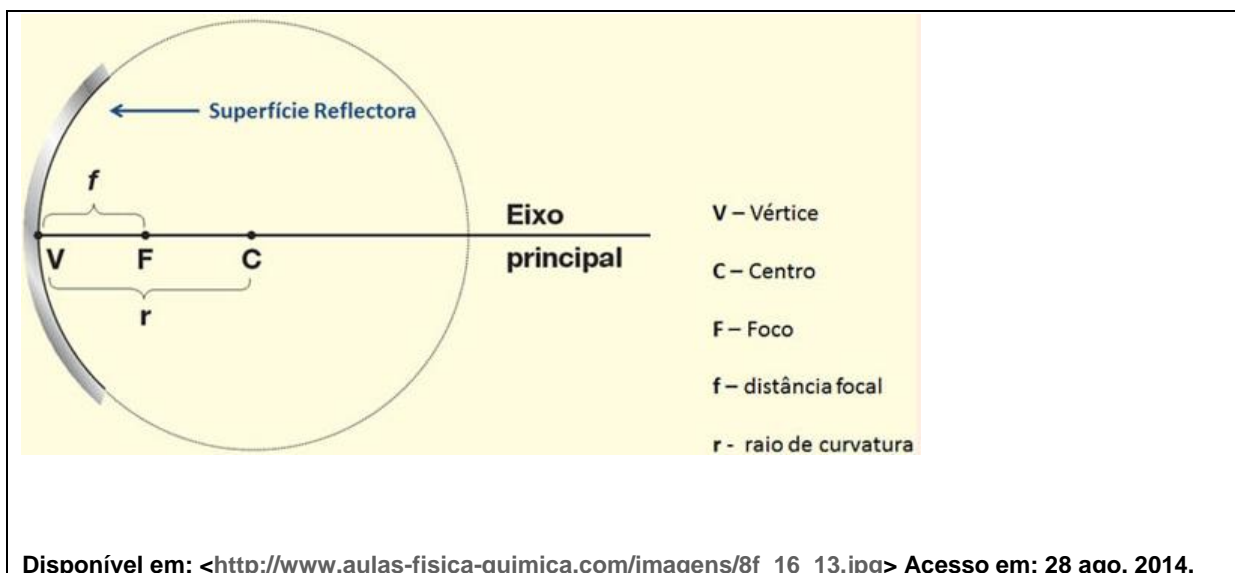
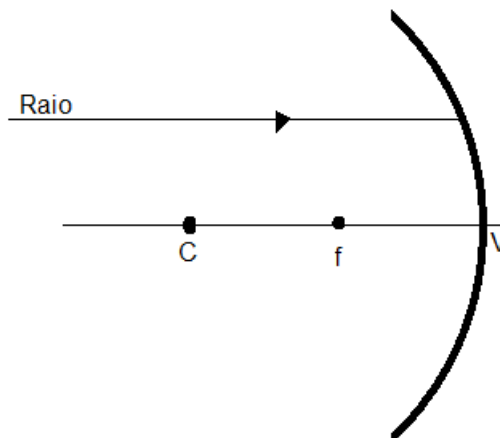


Figura 1- Esquema de um espelho esférico côncavo

Agora resolva as questões abaixo:

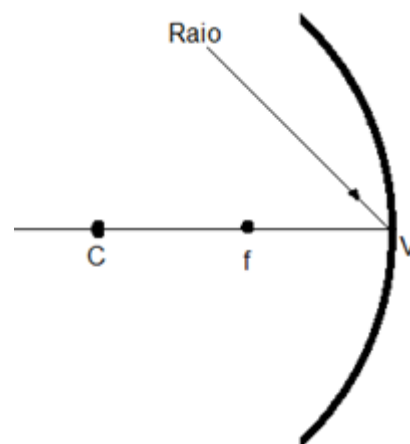
1ª questão – A figura representa um espelho côncavo com um raio de luz paralelo ao eixo principal, incidindo sobre sua superfície refletora. Desenhe na própria figura a direção do raio de luz após a reflexão.

Marque um (X) na condição em que foi dada a resposta
() Muito Inseguro
() Inseguro
() Neutro
() Seguro
() Muito seguro



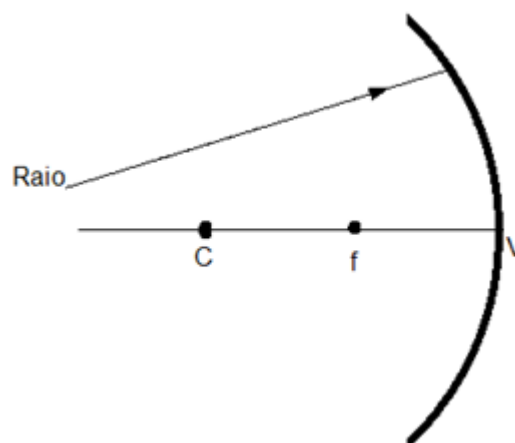
2ª questão – O esquema ao lado representa um espelho esférico côncavo com um raio de luz incidindo sobre o vértice de forma inclinada em relação ao eixo principal. Desenhe na própria figura a direção do raio de luz após a reflexão.

Marque um (X) na condição em que foi dada a resposta
<input type="checkbox"/> Muito Inseguro
<input type="checkbox"/> Inseguro
<input type="checkbox"/> Neutro
<input type="checkbox"/> Seguro
<input type="checkbox"/> Muito seguro



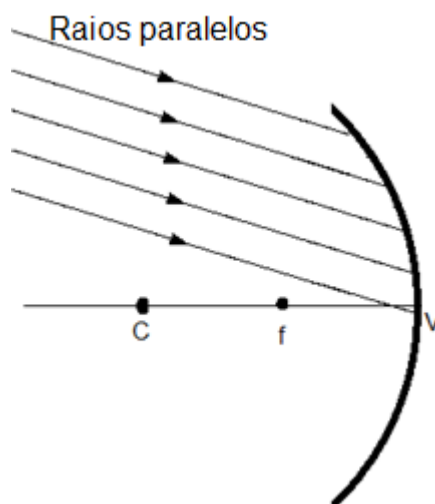
3ª questão – Um raio de luz atinge a superfície interna de um espelho côncavo conforme mostra a figura ao lado. Desenhe na própria figura a direção do raio de luz após a reflexão.

Marque um (X) na condição em que foi dada a resposta
<input type="checkbox"/> Muito Inseguro
<input type="checkbox"/> Inseguro
<input type="checkbox"/> Neutro
<input type="checkbox"/> Seguro
<input type="checkbox"/> Muito seguro



4ª questão – Um feixe de raios paralelos incide sobre a parte refletora do espelho côncavo da figura abaixo com inclinação em relação ao eixo principal. Desenhe na própria figura a direção do raio de luz após a reflexão.

Marque um (X) na condição em que foi dada a resposta
<input type="checkbox"/> Muito Inseguro
<input type="checkbox"/> Inseguro
<input type="checkbox"/> Neutro
<input type="checkbox"/> Seguro
<input type="checkbox"/> Muito seguro



Nome: _____ Data: _____ Grupo: _____

Leia o texto a seguir:

Nascido em Paris, em 1743, Antoine-Laurent de Lavoisier foi o primeiro cientista a enunciar o princípio da conservação da matéria. Ficou célebre pela sua frase "*Na Natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma*".

Agora responda as questões abaixo (se necessário use o verso da folha):

1ª questão – Cite algumas formas de energia presente no seu projeto, quando ele estiver em funcionamento.

_____.

Marque um (X) na condição em que foi dada a resposta

() Muito Inseguro

() Inseguro

() Neutro

() Seguro

() Muito seguro

2ª questão – Levando em conta o seu projeto terminado e funcionando, será possível perceber algum processo de transformação de energia?

() SIM () NÃO

3ª questão – Qual a sequência de transformação de energia presente no seu projeto?

_____.

Marque um (X) na condição em que foi dada a resposta

() Muito Inseguro

() Inseguro

() Neutro

() Seguro

() Muito seguro

4ª questão – Qual a relação entre transformação de energia e dissipação de energia?

_____.

Marque um (X) na condição em que foi dada a resposta

() Muito Inseguro

() Inseguro

() Neutro

() Seguro

() Muito seguro

ANEXO IV – Modelo de termo de consentimento livre e esclarecido.**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****Título da pesquisa:**

“Relação entre a construção de experimentos para uma feira de ciências e a melhora no entendimento dos conceitos físicos”

Prezado Senhor (a):

Você está sendo convidado para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável Leandro Valle Soares.

O objetivo da pesquisa é avaliar a relação entre a construção de experimentos para uma feira de ciências e a melhora no entendimento dos conceitos físicos envolvidos nesses experimentos. A sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: construção dos experimentos, nas respostas dadas às perguntas propostas ao longo do desenvolvimento do experimento, na resolução de exercícios e no preenchimento de questionários. A coleta de dados será realizada com o uso de mapas conceituais, exercícios envolvendo concepções alternativas, análise de diário de bordo e das respostas dadas as perguntas feitas pelos visitantes da feira. Os dados coletados poderão ser utilizados na produção acadêmica de artigos científicos para congresso nacional e internacional, artigo científico para revista especializada indexada ou não indexada, bem como em dissertação de mestrado e tese de doutorado. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os objetivos desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Os benefícios esperados são de contribuir para a pesquisa aplicada no desenvolvimento de experimento tecnológico aliado ao ensino de física, sugerindo essa atividade como novo componente curricular.

Caso o senhor tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contatar: Leandro Valle Soares, rua das tartarugas S/N-Bairro Muquiçaba, CEP 29215-090 GUARAPARI-ES Brasil. Telefone comercial: (27) 3261-9900 Telefone celular: (27) 99905-0872.

Guarapari, ____ de _____ de 2014.

Pesquisador Responsável

RG: 1414712 SSP-ES

Eu, _____, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.


Assinatura: _____

Data: _____

*Termo de Consentimento Livre Esclarecido apresentado, atendendo, conforme normas da Resolução 466/2012 de 12 de dezembro de 2012.

APÊNDICES





PRODUTO EDUCACIONAL

**LEANDRO VALLE SOARES
BRENO RODRIGUES SEGATTO**

A CONSTRUÇÃO DE EXPERIMENTOS PELOS ALUNOS DO ENSINO TÉCNICO INTEGRADO AO MÉDIO: UMA PROPOSTA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO CONTEXTO DE UMA MOSTRA ESCOLAR DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA.

**Vitória
2015**

APRESENTAÇÃO

O produto educacional apresentado aqui pretende orientar professores na construção de experimentos junto a seus alunos, para que participem em feiras de ciências e tecnologia. Este material é parte integrante de minha dissertação de mestrado no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), pelo polo 12 da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Este produto foi aplicado em uma turma de ensino médio técnico integrado em eletromecânica no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Guarapari, no segundo semestre do ano de 2014, o que proporcionou coletar dados que após analisados sugeriram a ocorrência de aprendizagem potencialmente significativa através da apropriação de novos conceitos e de maior complexidade.

Verificou-se também que os alunos estiveram motivados na realização das atividades, seja pela assiduidade ou pelo resultado positivo da avaliação discente. Através do pré-teste e do pós teste, foi possível verificar que os alunos sabiam mais sobre os conhecimentos físicos após a intervenção proposta por este produto.

Deixo aqui meus agradecimentos aos alunos do IFES, aos professores e alunos do MNPEF, enfim a todos aqueles que colaboraram de forma direta ou indireta para elaboração deste trabalho. Você também pode ajudar com críticas construtivas que possam melhorar este trabalho.

Leandro Valle Soares

Dezembro de 2015

Sumário

1 – INTRODUÇÃO.....	4
2 – ESCOLHA DO TEMA.....	6
2.1 Energia solar térmica.....	6
2.1.1 Torre de energia solar.....	6
2.1.2 Chaminé solar.....	8
2.1.3 Gerador solar Stirling.....	9
3 – ADAPTANDO A TECNOLOGIA.....	11
3.1 O que construir?.....	11
3.1.1 O espelho parabólico.....	11
3.1.2 Caldeira solar.....	13
3.1.3 Motor Stirling.....	13
3.1.4 Tubo de convecção.....	15
4 – CUSTO DOS EXPERIMENTOS.....	16
5 – LINHA DO TEMPO.....	18
5.1 Apresentar uma proposta.....	18
5.2 Pesquisar sobre a tecnologia envolvida na proposta.....	18
5.3 Adaptar a tecnologia a realidade do aluno.....	18
5.4 Planejar a construção.....	19
5.5 Avaliação inicial.....	19
5.6 Construção do experimento.....	20
5.7 Apresentação dos trabalhos.....	20
5.8 Avaliação final.....	21
5.9 Avaliação discente.....	21
6 – MATERIAL DE APOIO.....	22
6.1 Espelho côncavo.....	22
6.2 Energia solar.....	25
7 – PROPOSTA DE ENSINO.....	28
8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 – INTRODUÇÃO

Este material é o produto resultante da pesquisa do professor/mestrando que investigou a ocorrência de aprendizagem significativa durante a construção de experimento para uma feira de ciências e tecnologia, com o intuito de melhorar a qualidade de ensino de física no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), *campus* Guarapari – ES. O ensino de física no IFES é integrado ao curso técnico, os alunos com idade entre 14 e 19 anos aprovados em concurso de ingresso.

O aluno ingressa no curso técnico escolhido cujas disciplinas são estruturadas em Ensino Básico e Ensino Técnico. No *campus* Guarapari de hoje, o Ensino Técnico possui três frentes, Ensino Técnico em Administração, Ensino Técnico em Eletrotécnica e Ensino Técnico em Mecânica, que possui disciplinas voltadas para o desenvolvimento das atividades inerentes a sua área de atuação no mercado de trabalho.

O objetivo deste produto é oferecer uma maneira de planejar a construção de um experimento que possibilite a aprendizagem significativa de conceitos físicos. Para isso será utilizada uma gama de recursos que, explicado aqui, poderá orientar outro professor interessado em implementar esta proposta de aprendizagem.

A ideia de construir um experimento para participar da feira de ciência e tecnologia partiu dos alunos. Coube ao professor/mestrando aproveitar o momento para estruturar um procedimento que possibilitasse a ocorrência da aprendizagem significativa.

A organização deste produto está dividida em seções, a saber:

A seção 2 de **ESCOLHA DO TEMA** trata do tema a ser pesquisado e da tecnologia existente no mundo atual, relativo à escolha daquilo que se pretende construir como experimento, neste caso produzir energia elétrica através da captação dos raios solares.

Na seção 3 **ADAPTANDO A TECNOLOGIA**, aborda a adaptação das tecnologias levantadas na seção anterior à realidade do aluno, que na verdade são os experimentos que eles devem construir.

O **CUSTO DOS EXPERIMENTOS** está na seção 4, nele encontra-se um apanhado de custo dos experimentos desenvolvidos pelos alunos do professor/mestrando, serve apenas como ideia de gasto e pode variar bastante devido situações ditas adiante neste produto.

A seção 5 **LINHA DO TEMPO** mostra as ocorrências em sequência de desenvolvimento das atividades. A linha do tempo é essencial para a construção de um planejamento que possa verificar a ocorrência de aprendizagem significativa.

A seção 6 apresentada como **MATERIAL DE APOIO** reflete conteúdos desde o mais abrangente até aquele de maior nível de dificuldade e especificidade, percebida pelo professor/mestrando nas discussões entre os alunos.

Na seção 7I vemos uma **PROPOSTA DE ENSINO** baseada no desenvolvimento desta dissertação.

Em **CONSIDERAÇÕES FINAIS** estão às impressões deixadas pela trajetória desta pesquisa ao professor/mestrando útil àquele que irá percorrer tal caminho e, por fim as **REFERÊNCIAS**.

2 – ESCOLHA DO TEMA

O tema pode ser daquele conteúdo já trabalhado em outro momento ou que ainda está por vir. Pode ser sugerido pelo professor ou pelos alunos que independente disso será avaliado.

Neste produto educacional a escolha foi feita pelos alunos após apresentarem as seguintes demandas: transformar energia solar em energia elétrica sem o uso de células fotovoltaicas, curiosidade sobre fenômenos de reflexão em espelhos. Dessa forma o professor/mestrando orientou os alunos que pesquisassem uma forma de concentrar a luz solar para aquecer algo e com isso gerar eletricidade.

2.1 Energia solar térmica

Os alunos procuraram experimentos capazes de transformar energia solar em energia elétrica, propuseram três, a saber: torre de energia solar, chaminé solar e gerador solar stirling.

A ideia é obter eletricidade a partir do calor produzido pela radiação solar conhecida como “energia solar térmica”.

A proposta de gerar energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos fora descartada desde o início pelos alunos.

2.1.1 Torre de energia solar

O projeto consiste numa rede de espelhos ajustáveis que acompanham o posicionamento do sol para refletir a luz incidente sobre eles em direção a uma torre de recepção dessa energia. Na parte superior da torre, encontra-se um material absorvente que por sua vez aquece a água gerando vapor, na qual vai alimentar uma turbina de geração elétrica. Alguns dos materiais absorventes utilizados na parte superior da torre são os sódios líquidos, vapor saturado por sais e nitrato fundido.



Figura 12: Torre solar perto de Sevilha, Espanha, foi concluída em 2006 e possui 74.880 m² de superfície de espelho gerando uma potência de 11 MW. (Fonte: <<http://www.ecoeficientes.com.br/a-maior-torre-de-energia-solar-do-mundo/>>).

Devido à concentração de energia em uma pequena região da torre o fluido absorvente de transferência de calor pode chegar a 4.000 °C (quatro mil graus Celsius).

A figura 2 apresenta um esquema simplificado do funcionamento do sistema.

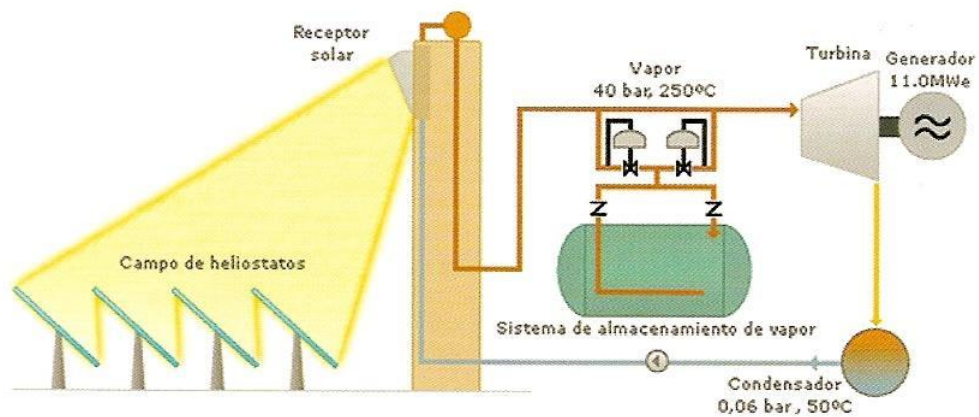


Figura 13: Esquema de funcionamento da torre solar para a produção de energia elétrica. (Fonte:<http://desenchufados.net/wp-content/uploads/2008/11/torre-de-concentracion.jpg>).

2.1.2 Chaminé solar

A chaminé solar consiste numa grande área no solo coberta com vidro ou plástico transparente que irá aquecer o ar fazendo com que ele saia pela chaminé movendo uma turbina de vento em seu interior.

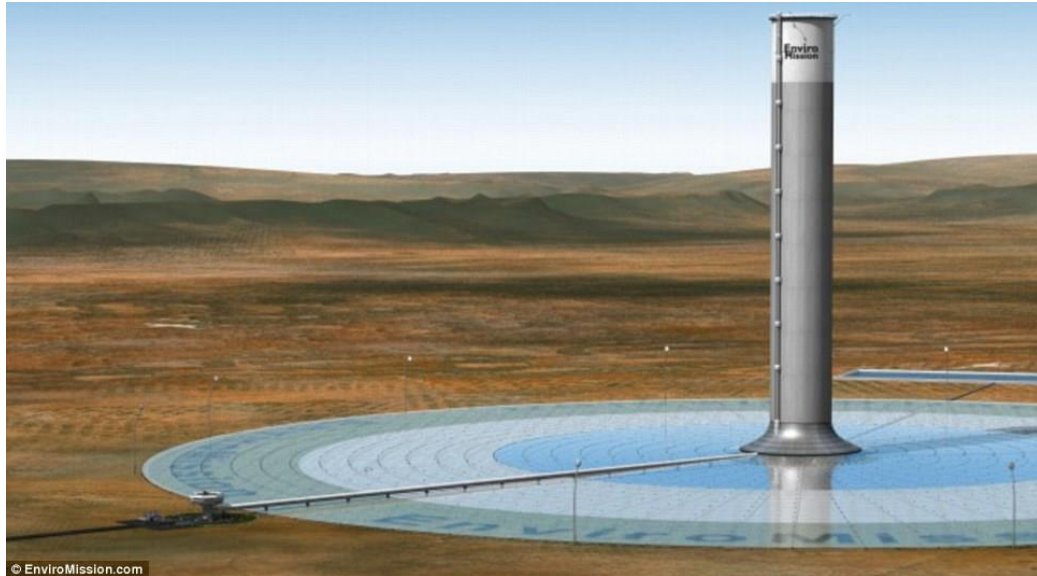


Figura 14: Chaminé solar que deverá ser construída no deserto do Arizona, Estados Unidos e deverá ser a segunda construção mais alta do mundo com 792 metros. (Fonte: <http://www.tecmundo.com.br/energia/11941-torre-de-energia-solar-nos-eua-sera-a-segunda-construcao-mais-alta-do-mundo.htm>)

Na medida em que o solo é superaquecido o ar se expande aumentando progressivamente de velocidade, é esta energia cinética que irá impulsionar as turbinas.

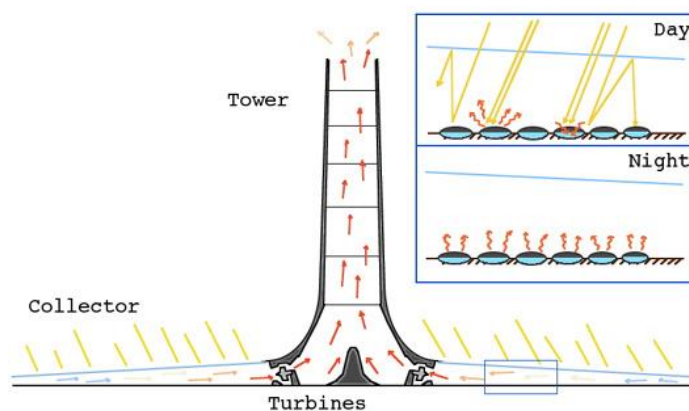


Figura 15: Esquema de funcionamento de uma chaminé solar. (Fonte: <http://blogdopetcivil.com/2011/09/08/a-nova-torre-de-energia-solar/>).

2.1.3 Gerador solar Stirling

Essa tecnologia é baseada na construção de um disco parabólico que concentra em seu foco a radiação solar recebida. Neste foco, encontra-se a câmara de expansão de um motor Stirling que por sua vez, produz energia mecânica. O trabalho mecânico na rotação do eixo virabrequim é utilizado para acionar um gerador e produzir energia elétrica.



Figura 16: Primeira usina comercial do mundo com tecnologia de geração solar Stirling no Arizona, EUA. (Fonte: <http://mybelojardim.com/inaugurada-usina-solar-sterling-de-geracao-de-eletricidade/>).

A figura 6 mostra o esquema de um motor Stirling, a parte em vermelho é colocada no foco e recebe a energia solar expandindo os gases impulsionando o pistão fazendo girar o volante e, por conseguinte o eixo do gerador.

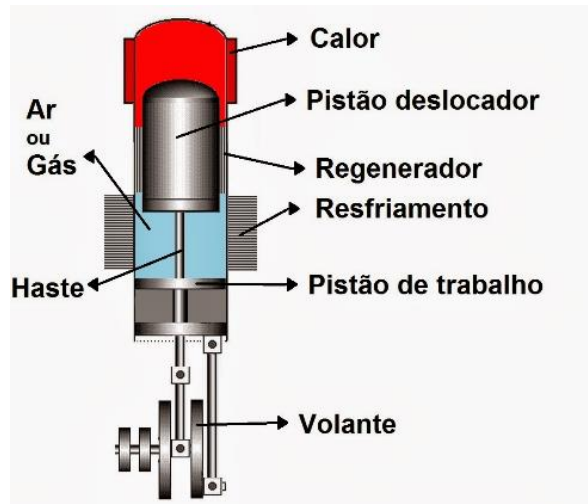


Figura 17: Esquema de um motor Stirling modelo Beta. (Fonte: <http://manualdomotorstirling.blogspot.com.br/2014/03/como-e-um-motor-stirling-beta.html>).

Na literatura encontram-se outros modelos de geradores que utilizam a radiação solar para produção de energia elétrica, porém, para este trabalho, os moldes apresentados se alinham com as ideias propostas pelos alunos.

3 – ADAPTANDO A TECNOLOGIA

A partir da pesquisa realizada na seção I o aluno pode visualizar a extensão daquilo que procura construir, talvez adaptações sejam necessárias para tornar a proposta exequível. Assim os alunos tiveram que definir aquilo que iriam construir.

3.1 O que construir?

De acordo com as tecnologias existentes para a produção de energia elétrica através da captação da radiação solar são apresentadas aqui três propostas de construção: Caldeira solar, Tubo de convecção e Motor Stirling. As três propostas utilizam um espelho parabólico para a concentração dos raios solares que deverão ser construídas.

3.1.1 O espelho parabólico

O espelho parabólico foi construído a partir da estrutura de uma antena parabólica antiga de 14 gomos, a tela foi retirada e substituída por papel couro nº30. Na parte côncava foram coladas folhas de papel alumínio que se mostrou de baixa eficiência. Em seguida foi utilizada manta de alumínio como superfície refletora e também não apresentou o resultado esperado. Por fim se decidiu colar pequenos pedaços de espelhos planos na parte côncava da estrutura parabólica que acabou apresentando bom resultado.



Figura 18: Alunos fazendo teste preliminar da capacidade do espelho parabólico forrado com papel alumínio.

Para permanecer no local os gomos de papel couro foram colados com uma mistura de cola branca com jornal e fibra de bananeira. Os pedaços de espelhos foram colados com cola fria de silicone.



Figura 19: alunos preparando a manta de alumínio para cobrir a antena parabólica.

3.1.2 Caldeira solar

Para criar vapor os alunos pensaram numa panela de pressão para funcionar como caldeira. A estrutura é extremamente simples, no lugar do pino regulador de pressão de panela foi adaptado a uma válvula de gás encanado seguido de um tubo de alumínio para direcionar o vapor.

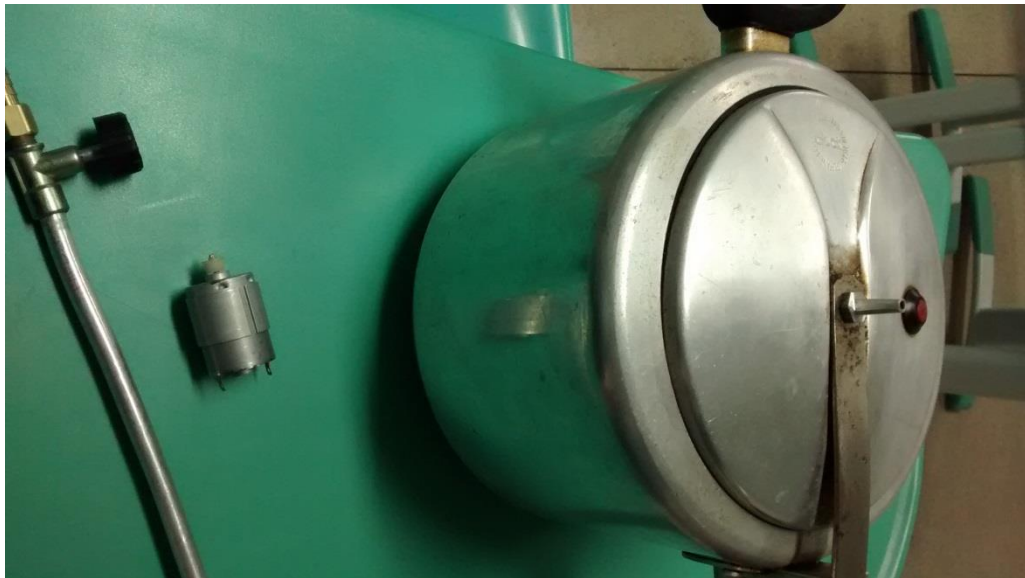


Figura 20: Objetos usados para a fabricação da caldeira solar.

Enquanto a panela é aquecida a válvula permanece fechada até que haja acúmulo de vapor. Após esse período a válvula será aberta permitindo o direcionamento do vapor.

3.1.3 Motor Stirling

Para a construção da estrutura mais complexa, os alunos utilizaram o tutorial “MANUAL DO MOTOR STIRLING”, no qual se encontra também a lista de materiais para a construção do motor.

4 latas de inseticidas, ou óleo desengripante, ou bom ar (57 mm de diâmetro);
 1 lata de ervilha ou milho, para depósito da água (73 mm de diâmetro);
 1 lata de pêssego, para fazer o forninho (102 mm de diâmetro);
 1 lata de Red Bull (250 ml) ou desodorante Axe, para o **pistão deslocador** (53 mm de diâmetro);
 1 outra lata de Red Bull, para a tampa do pistão deslocador (53 mm de diâmetro ou de 250 ml);
 1 luva pvc de 20, na cor marrom, **cortada pela metade** de seu comprimento original;
 1 joelho de pvc 20, na cor marrom;
 1 bucha de pvc de 25 por 32 mm, na cor marrom;
 1 bucha de pvc de 32 por 40 mm, na cor marrom;
 1 bucha de pvc de 40 por 50 mm, na cor branca;
 1 raios inox de bicicleta de 2 mm, para o pistão deslocador, utilizando a porca do raio cortada ao meio;
 1 raio de guarda chuva, para a biela do pistão deslocador, pelo fato de ser mais fino e leve. Mas também pode substituir por um raio de bicicleta de 2 mm;
 2 raios inox de bicicletas de 2,5 mm, para o **virabrequim** e a biela do **pistão de trabalho**;
 5 CD para fazer o volante;
 1 abraçadeira para o pistão de trabalho "balão";
 1 balão surpresa número 10" ou 8", são mais resistentes que os tradicionais;
 2 **botões de volume de rádio**, para fazer o pistão externo, ou pode ser substituídos por duas **tampas** de produto de limpeza com diâmetro de 35 mm;
 2 **bucha de bronzina** encontradas em toca fitas, por onde o pistão deslocador escorrega, ou substituídos por duas moedas de cinco centavos, furado com uma broca de 2 mm;
 8 **conectores de fio de luz** "6 mm", para afixar os raios e ter regulagem, pode ser comprada em lojas que vendem material elétrico residencial;
 1 bisnaga de **cola de silicone de alta temperatura**, pode ser comprada em lojas de auto peças;
 1 soldador de estanho e solda do mesmo.

Quadro 4: Lista de matérias. (Fonte: <http://manualdomotorstirling.blogspot.com.br/2013/05/lista-dos-materiais-para-construcao-do.html>).



Figura 21: Modelo da estrutura complexa de um motor Stirling.

De acordo com alguns tutoriais encontrados na internet, os mesmos alertam que pode haver improvisos por conta daquele que irá construir o motor, conforme a disponibilidade de material encontrado.

3.1.4 Tubo de convecção

Estrutura relativamente simples de ser construída. Consiste num tubo metálico de diâmetro de 2 polegadas colocado na vertical saindo de uma caixa escura.

O ar aquecido no interior da caixa sobe pelo tubo que funciona como uma espécie de chaminé. Na extremidade superior do tubo é colocado um rotor que aproveita a corrente de convecção ascendente para produzir movimento giratório. A partir daí aproveitar esse movimento para gerar eletricidade através de um gerador.

4 – CUSTO DOS EXPERIMENTOS

O custo da construção de cada experimento pode sofrer extrema variação de custo, ora por adaptação trocando a peça mais cara por uma mais barata, ora aproveitando doações, sucatas e material fornecido pela escola. É fundamental delegar aos alunos que busquem situações alternativas antes de gastar dinheiro na compra de alguma peça.

A tabela 2.1 sintetiza melhor os gastos e aquilo que se pode economizar.

ESPELHO PARABÓLICO			
Material	Quantidade	Valor unitário	Total por item
Antena	1	Doação	0
Espelho	Retalhos	Doação	0
Cola branca	2 (500 g)	Material da escola	0
Jornal	2	Material da escola	0
Aplicador de cola de silicone	1	Material da escola	0
Fibras vegetal	2 (kg)	Sucata	0
Cola de silicone	8 (bispaga)	10,9	87,2
Cortador de vidro	1	14,9	14,9
Papel couro	7	16,2	113,4
		TOTAL	215,5

TUBO DE CONVECÇÃO			
Material	Quantidade	Valor unitário	Total por item
Tubo metálico (diâmetro 2 polegadas/ 90 mm)	1	Doação	0
Mesa de apoio	1	Doação	0
Rotor de cooler	1	Sucata	0
Caixa metálica	1	Sucata	0
		TOTAL	0

CALDEIRA SOLAR			
Material	Quantidade	Valor unitário	Total por item
Panela de pressão	1	Doação	0
Tubo de alumínio	1	Doação	0
Solda de alumínio	1	10	10
Válvula	1	5,7	5,7
		TOTAL	15,7

MOTOR STIRLING			
Material	Quantidade	Valor unitário	Total por item
Bucha de PVC (40x50)	1	Doação	0
Bucha de PVC (32x40)	1	Doação	0
Bucha de PVC (25x32)	1	Doação	0
Raio de bicicleta	3	Doação	0
Joelho	1	2,75	2,75
Moeda	2	0,05	0,1
Luva	1	2,5	2,5
Abraçadeira	1	1,9	1,9
Conector (com 12 bornes)	1	5,7	5,7
Cola de silicone de alta temperatura	1	27,9	27,9
Estanho para solda	1	6,6	6,6
Balão	1	Material da escola	0
Soldador de estanho	1	Material da escola	0
Latas	8	Sucata	0
Raio de guarda chuva	1	Sucata	0
CD	5	Sucata	0
Tampinha	2	Sucata	0
		TOTAL	47,45

Tabela 12: Levantamento de custos para a confecção dos experimentos.

O valor total ficou em R\$ 278,65, porém, pode variar conforme dito anteriormente, no entanto, alguns objetos não estão na tabela por se tratar de elementos de uso comum como: tesoura, lápis, caneta, borracha, fita crepe, régua, esquadro, estilete, chave de fenda, furadeira e broca. Esses materiais foram trazidos de casa pelos alunos.

5 – LINHA DO TEMPO

A linha do tempo serve como histograma daquilo que foi realizado e também como instrumento instrucional da sequência de aplicação dos elementos envolvidos nesta dissertação.

5.1 Apresentar uma proposta

Essa atividade cabe ao professor, encontrar algo que possa gerar interesse, “provocar sede” dos alunos utilizando o conteúdo que se pretende avaliar. Neste caso a proposta de trabalho consiste no conteúdo de espelho côncavo e transformação de energia. O problema proposto fora:

- **Como aproveitar a radiação solar para produzir energia elétrica?**

O problema proposto deve ser dado aos alunos e deixar que reflitam sobre as formas de solução.

5.2 Pesquisa sobre a tecnologia envolvida na proposta

Essa atividade cabe ao aluno, ele deve procurar na literatura ou em qualquer outro meio de informação, tecnologias já existentes envolvendo o problema proposto.

As tecnologias apresentadas pelos alunos diante do problema proposto foram:

- **Torre de energia solar**
- **Chaminé solar**
- **Gerador solar Stirling**

A proposta de transformação de energia solar em energia elétrica utilizando painéis fotovoltaicos foi descartada.

5.3 Adaptar a tecnologia a realidade do aluno

Essa atividade cabe ao aluno, o professor deve apenas orientar se necessário. É claro que nenhum aluno iria construir as estruturas da seção anterior, mas uma adaptação delas em escala menor.

Os alunos adaptaram a tecnologia no desenvolvimento dos seguintes experimentos:

- **Caldeira solar**
- **Tubo de convecção**

- **Motor Stirling**
- **O espelho parabólico** (construção comum a todos os experimentos)

5.4 Planejar a construção

Essa atividade cabe ao aluno. Após adaptar as tecnologias se deve planejar quem vai construir e de que jeito. Dessa forma três aspectos iniciais a esse processo devem ser levados em conta:

1. **Dividir os grupos** – a divisão dos grupos se deu obedecendo ao critério de escolha dos alunos. Foram criados dois grupos para cada experimento num total de seis grupos. Devido ao custo e por fazer parte a todos os experimentos, todos os alunos participaram da construção do espelho parabólico. O professor deve mediar a divisão dos grupos e evitar que algum aluno fique numa situação de desconforto.
2. **Desenhar aquilo que se pretende construir** – ao desenhar o experimento o aluno tem contato com os componentes necessários para a construção. Nesse momento o professor pode fazer perguntas sobre o funcionamento daquilo que está desenhado com a intenção de promover melhorias no desenho.
3. **Lista de material** – a partir do desenho desenvolvido o aluno deve listar as peças e componentes necessários à construção do experimento. Isso ajuda no levantamento de custo e também a evitar imprevistos utilizando adaptações.

5.5 Avaliação inicial

Essa atividade cabe ao professor. Estamos falando de dois tipos de avaliação, uma relativa à coleta de dados do professor/mestrando para verificar a aprendizagem do aluno e outra relativa ao desenvolvimento dos trabalhos dos alunos. Neste caso a avaliação serve para verificar o conhecimento prévio do aluno e mesmo sendo de coleta de dados para a dissertação também pode ser utilizada como recurso avaliativo do aluno, comparando o conhecimento antes e depois da intervenção. As ferramentas iniciais de avaliação (ou coleta de dados iniciais) foram as seguintes:

- **O pré-teste** – elaborados conforme o conteúdo a ser trabalhado, neste caso reflexão em espelhos e transformação de energia. Demais considerações a respeito do pré-teste pode ser encontrado no corpo desta dissertação.

- **Mapas Conceituais 1** – após a divisão dos grupos e da listagem dos materiais necessários para a construção dos experimentos os alunos foram convidados a confeccionar um mapa conceitual relativo aos conceitos físicos envolvidos no seu experimento. Demais considerações sobre a aplicação do 1º mapa conceitual pode ser encontrada no corpo desta dissertação.

5.6 Construção do experimento

Essa atividade cabe ao aluno. O grupo deve reunir os recursos necessários a construção do experimento, marcar os encontros e pesquisar sobre os conceitos físicos abordados no experimento. Devem confeccionar um diário de bordo relatando o que produziram nos encontros. O professor deve possibilitar encontros na própria escola seja no horário de aula ou no contra turno. Ao possibilitar esses encontros o professor deve estar presente auxiliando no comportamento dos alunos. Se necessário busque apoio pedagógico.

Ao final do processo os alunos devem ter:

- **O experimento pronto** – antes de ser apresentado na feira de ciências.
- **O diário de bordo** – relatando a construção do experimento.
- **O banner** – para apresentação do trabalho na feira de ciências.

O aluno é responsável pela pesquisa que irá dar sustentabilidade ao seu trabalho e o professor deve prestar a assistência necessária ao desenvolvimento dos trabalhos seja do ponto de vista do conteúdo como também facilitar o acesso dos alunos a materiais e ferramentas. No que diz respeito ao conteúdo cabe ao professor selecionar e preparar um material que possa auxiliá-lo quanto ao conteúdo, conforme seção V **MATERIAL DE APOIO**, e sugerir literatura adequada aos fundamentos físicos explorados.

5.7 Apresentação dos trabalhos

Essa atividade cabe ao aluno. A apresentação do trabalho deve acontecer numa feira de ciências promovida pela escola. Os trabalhos foram avaliados segundo critérios desenvolvidos pelos organizadores da feira e a nota recebida representa a média aritmética da nota dada por cada avaliador. Foi pedido aos alunos que anotassem as perguntas feitas pelos visitantes do seu experimento e também as respostas dadas às perguntas. Apesar de importante elemento de verificação do

comportamento relativo a transposição didática, este referencial teórico não fora explorado nesta dissertação.

5.8 Avaliação final

Essa atividade cabe ao professor. Assim como a avaliação inicial esta avaliação serve para coleta de dados do professor/mestrando, neste caso para verificar a mudança conceitual dos alunos após a intervenção. As ferramentas aplicadas foram:

- **O pós-teste** – Demais considerações a respeito do pós teste pode ser encontrado no corpo desta dissertação.
- **Mapa Conceitual 2** – Demais considerações sobre a aplicação do 2º mapa conceitual pode ser encontrada no corpo desta dissertação.

5.9 Avaliação discente

Essa atividade cabe ao aluno. A avaliação discente serve para melhor entender a satisfação dos alunos no desenvolvimento das atividades propostas. Antes de a proposta ser apresentada aos alunos os mesmos participaram de uma avaliação discente promovida pela instituição sem qualquer interferência do professor/mestrando. Após todo período de intervenção, onde todas as notas de todas as disciplinas já haviam sido lançadas no sistema acadêmico do aluno, foram solicitados a participar de outra avaliação discente promovida pela instituição. A comparação dessas avaliações reflete as impressões dos alunos no período de intervenção. Caso a intervenção esteja adequada às expectativas dos alunos os mesmos tendem a avaliar esse período de forma melhor que o anterior.

6 – MATERIAL DE APOIO

O professor deve buscar na literatura conhecimentos fundamentais para que possa desenvolver melhor as atividades com os alunos. Mesmo que o professor não seja responsável direto pela pesquisa dos conteúdos físicos dos experimentos, cabe a ele o papel de mediador e principal responsável em dirimir conflitos de natureza conceitual.

6.1 Espelho côncavo

Para o espelho côncavo é comum encontrar em livros didáticos e sites os comportamentos conforme figura 5.1, chamados de raios especiais.

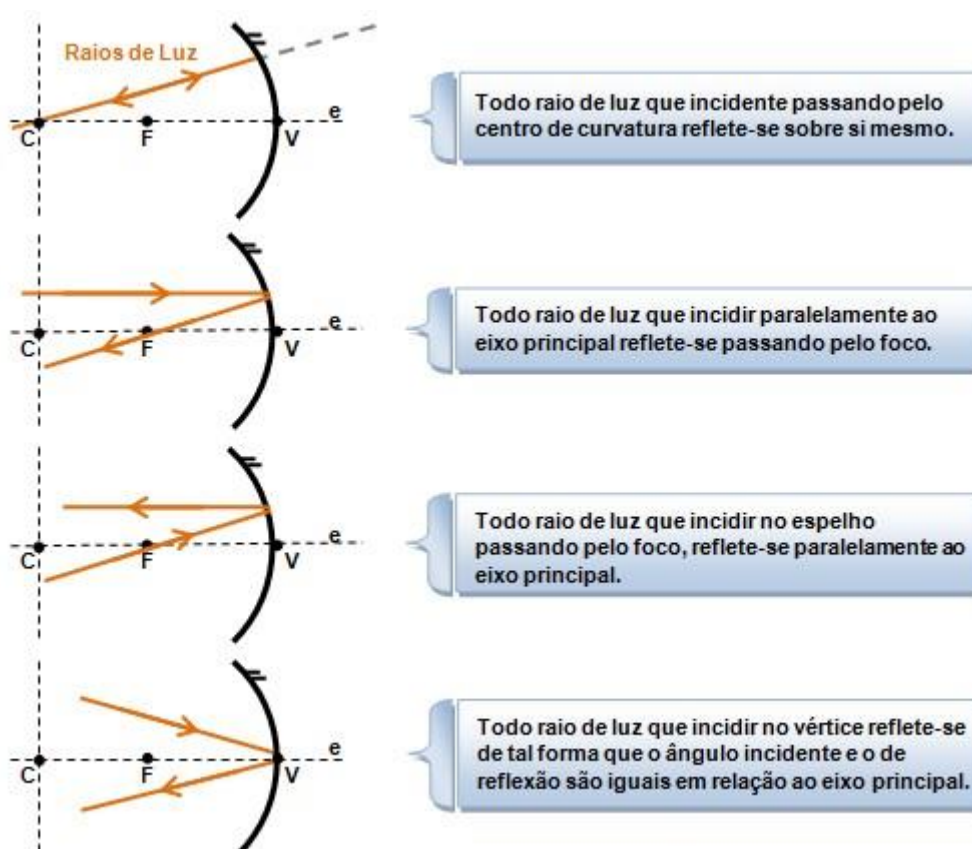


Figura 22: Os quatro raios especiais facilmente encontrados em livros didáticos. (Fonte: <http://www.infoescola.com/fisica/espelhos-concavos/>).

Um raio incidente que não passa por nenhuma dessas quatro opções pode causar dificuldades ao aluno quando for buscar conhecimento em fontes que apresente apenas esses modelos.

Um raio de luz incidente que não se comporta como nenhuma das formas anteriores fica mais bem entendida a partir das leis da reflexão:

1ª lei da reflexão – O raio incidente (RI), o raio refletido (RR) e a normal (N) são coplanares.

2ª lei da reflexão – O ângulo de incidência (i) possui a mesma medida do ângulo de reflexão (r).

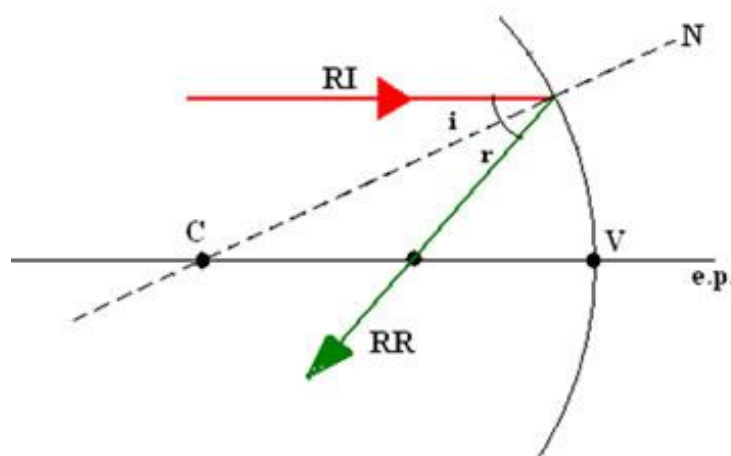


Figura 23: Representação gráfica da 1ª e 2ª lei da reflexão. (Fonte: <http://www.alunosonline.com.br/fisica/incidencia-reflexao.html>).

O ângulo de incidência e o ângulo de reflexão se comportam da mesma maneira no espelho côncavo como no espelho plano. A relação desses ângulos com a reta normal estabelece que o caminho do raio refletido depende da inclinação do ponto de incidência, assim quando incidir sobre o espelho côncavo um feixe de raios paralelos cada um desses raios será refletido por um caminho que depende da inclinação da curvatura do espelho naquele ponto. Quando a inclinação de cada ponto que recebe um dos raios paralelos permitir que os raios refletidos se interceptem num mesmo ponto definimos como sistema óptico estigmático. Sistema estigmático é quando um ponto objeto fornece apenas um ponto imagem (FUKE, 1989, p. 191; Gaspar, 2000, p. 128).

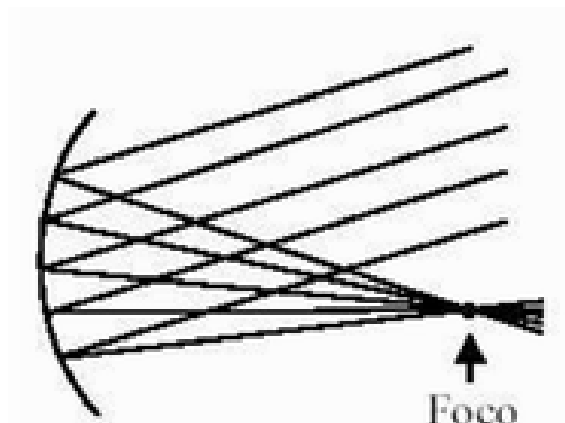


Figura 24: Raios paralelos incidentes são refletido sobre o num espelho côncavo. (Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/8223/open/file/espelhoesferico.pdf?sequence=1>).

Caso contrário o sistema é astigmático Fuke (1989), que equivale a não existência de um foco definido. Isso pode comprometer a concentração dos raios refletidos pelo espelho.

A figura 5.4 mostra que de acordo com Aguiar (2009), nem sempre é formada uma imagem bem definida e podem aparecer aberrações ópticas quando o objeto estiver longe do eixo de simetria. Esta situação, somente seria vista em curso mais avançado (ibidi.).

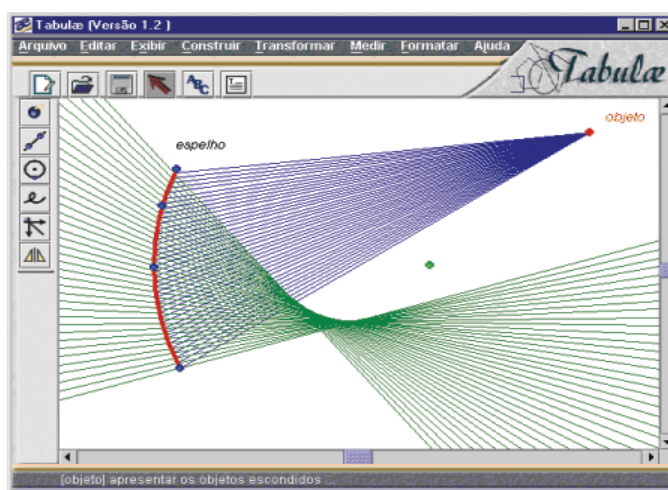


Figura 25: Aberrações ópticas no espelho côncavo (AGUIAR, 2009, p. 4). (Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172009000300002).

A curva provocada pela interceptação dos raios refletidos na figura 5.4, é conhecida como cáustica. Na figura 15 é possível ver a cáustica no interior de uma xícara.

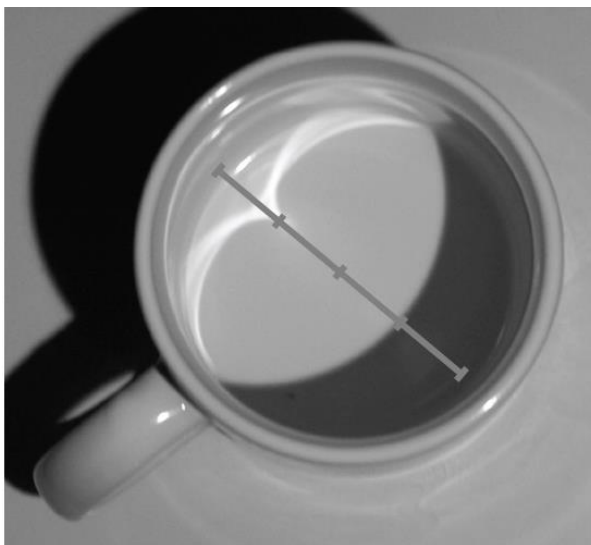


Figura 26: A cáustica no interior de uma xícara, figura 5.6 o eixo principal e o ponto focal a um quarto do diâmetro da xícara (CATELLI, 2004, p. 399).

Dessa forma vemos que a 1ª e a 2ª lei da reflexão não estabelece que os raios refletidos por um espelho côncavo irão se convergir num único ponto chamado de foco. Existem outras variáveis que influenciam a convergência focal. Para Catelli (2004) um detalhe banal como esse pode dar ao aluno consciência de que a física se reveste de uma nobreza ímpar.

6.2 Energia solar

A energia proveniente do Sol chega até a superfície propagando-se como energia radiante ou, simplesmente radiação (MARTINS, 2004, p. 146). A intensidade de radiação que atinge a superfície varia de uma região para outra, porém um esquema simplificado pode ser visto na figura 16.

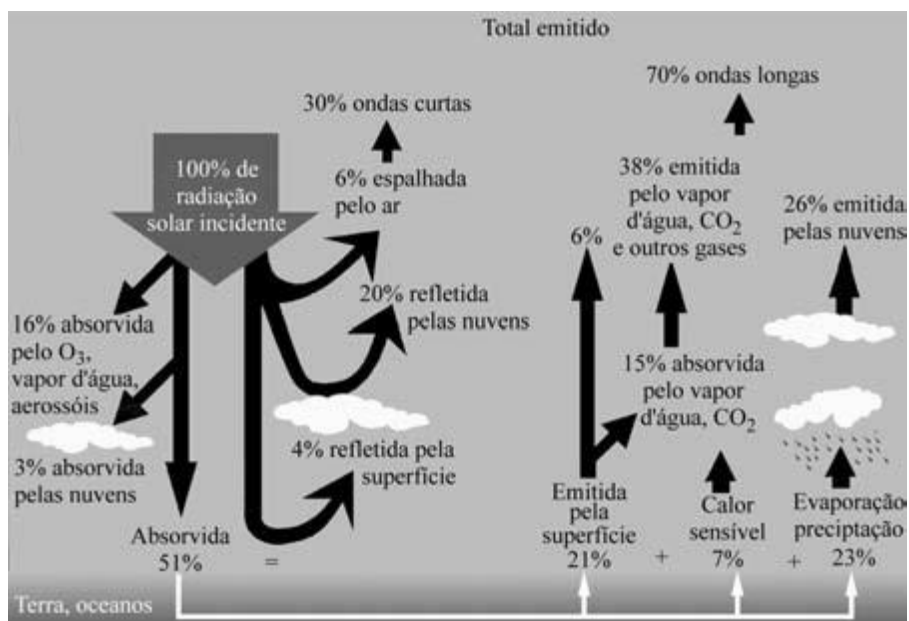


Figura 27: Diagrama da radiação térmica atmosférica e de interação da radiação solar (Martins 2004).

Do total de energia solar que chega, segundo o autor (ibid.), parte é absorvido pela atmosfera e apenas 51% chega a superfície que, em grande parte são oceanos. Dessa forma uma parcela ainda menor chega ao continente.

De acordo com o Manual sobre tecnologia, projectos e instalação (acesso em: 15 de setembro 2014) a energia irradiada pelo Sol tem sua intensidade descrita como “constante solar” e seu valor médio é de $E_0 = 1367 \text{ W/m}^2$. Portanto a energia que atinge cada m^2 da superfície da atmosfera é de aproximadamente 1kWh. No entanto a intensidade de radiação solar incidente na superfície da Terra segundo o Atlas solarimétrico do Brasil (acesso em 15 setembro 2014) depende de fatores como: a radiação solar no topo da atmosfera, número de horas de brilho solar observado, número de horas de brilho solar previstos para cada dia, altitude da captação, coeficientes determinados a partir de dados observados, constante solar, distância instantânea entre a Terra e o Sol, distância média entre a Terra e o Sol, duração da metade do dia, latitude local e declinação do Sol.

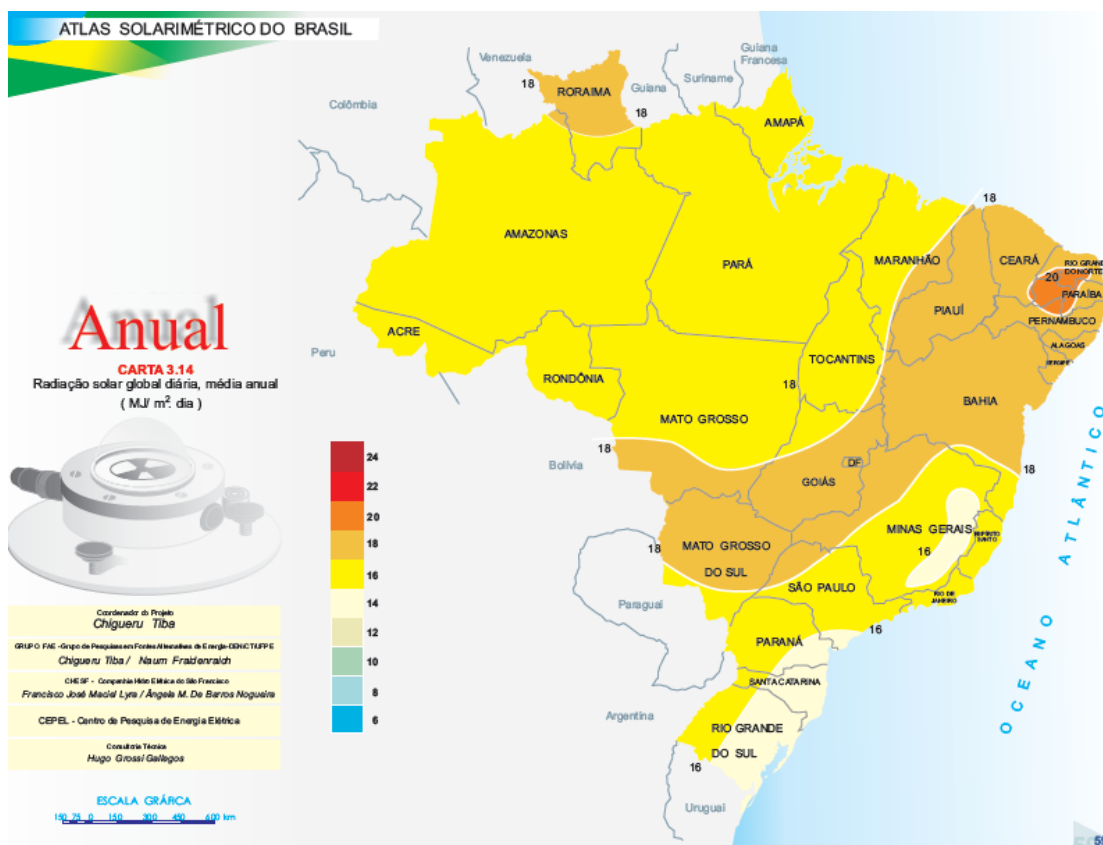


Figura 28: Média da radiação global diária, média anual acima de 14 MJ/m².dia para o Espírito Santo. (Fonte: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf).

Contudo são construídos os mapas solarimétricos são para estimar a capacidade de energia distribuída na superfície. É possível perceber que para o Espírito Santo a radiação global diária apresenta valores acima de 14 MJ/m². dia.

Dessa forma é possível estimar a capacidade de produção de energia elétrica por cada experimento, levando em conta suas especificidades no que diz respeito ao rendimento na conversão dessa energia proveniente do Sol.

7 – PROPOSTA DE ENSINO

Nesta proposta de ensino trataremos desde a escolha do tema até a apresentação dos trabalhos numa mostra de ciência e tecnologia. O corpo da dissertação pode completar essa proposta uma vez que conta com referenciais teóricos a respeito de aprendizagem significativa e mapeamento conceitual dentre outros. Dependendo das dúvidas que possam surgir uma maneira mais célere seria consultar a seção IV deste produto que trata da **LINHA DO TEMPO** das atividades desenvolvidas e testadas nessa dissertação. A sequencia proposta possui no lado esquerdo o título da seção e do lado direito a indicação do responsável pela execução.

A – Corresponde a ação do aluno.

P – Corresponde a ação do professor.

A - P – Corresponde a ação tomada em conjunto pelo professor e os alunos.

1 - Apresente uma proposta	A - P
Anote a proposta:	
2 – Pesquise a tecnologia envolvida na proposta	A
Registre os locais pesquisados:	
Registre as tecnologias encontradas:	
Se possível traga material pesquisado.	
3 – Adaptar a tecnologia (definir os experimentos)	A
Liste a relação de experimentos:	

Figura 29: em destaque o título da seção e os responsáveis pela ação.

SEQUENCIA DE PRODUÇÃO DE EXPERIMENTOS PARA UMA MOSTRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

1 - Apresente uma proposta	A - P
Anote a proposta:	
2 – Pesquise a tecnologia envolvida na proposta	A
Registre os locais pesquisados:	
Registre as tecnologias encontradas:	
Se possível traga material pesquisado.	
3 – Adaptar a tecnologia (definir os experimentos)	A
Liste a relação de experimentos:	
4 – Planejar a construção	A - P
4.1 – Dividir os grupos	
Nome do experimento:	
Nome dos alunos:	
Nome do experimento:	
Nome dos alunos:	
Nome do experimento:	
Nome dos alunos:	
4.2 – Desenhar o experimento que se pretende construir. Entregue uma folha em branco para que os alunos transcrevam o desenho, anexe.	
4.3 – Listar material. Entregue uma folha em branco para que os alunos transcrevam a lista de material, anexe.	
4.4 – Confeção do cronograma de atividades com prazos estabelecidos para evitar imprevistos.	
5 – Avaliação inicial	P
5.1 - Mapa conceitual 1 – antes de aplicar o mapeamento conceitual deve-se fazer uma atividade de preparação para o mapeamento conceitual segundo (Ferracioli (2007). Para análise dos mapas conceituais seguir critério de	

Mendonça (2012).	
5.2 - Pré-teste – devem ser elaborados partindo de questões mais amplas e abrangentes e ir se diferenciando em complexidade especificidade. Estabeleça critérios de correção caso atenda a expectativa esperada atribua certo (C) para questão do contrário atribua errado (E). Se necessário ver corpo da dissertação.	
6 – Construir o experimento	A
Registrar em Diário de Bordo: Data: Atividade desenvolvida: no primeiro encontro definir quem do grupo irá trazer o quê da lista de materiais do item 4.3.	
Registrar em Diário de Bordo: Data: Atividade desenvolvida:	
Registrar em Diário de Bordo: Data: Atividade desenvolvida: no último encontro deve-se ter Banner pronto e experimento pronto e testado.	
6.1 – O professor deve proporcionar encontros no turno da aula ou no contra turno. Planejar-se quanto ao uso dos espaços da escola, antes de marcar uma data pedir autorização de uso. Prever o uso de ferramenta e materiais da escola de acordo com o prazo estabelecido por cada instituição. 6.2 – À medida que os encontros vão se sucedendo as duvidas também virão. Cabe ao professor preparar um material de apoio para auxilia-lo. Este material não será entregue ao aluno.	
7- Apresentação dos trabalhos	A
Registrar:	
Pergunta feita pelo visitante:	Resposta dada pelo aluno:
Pergunta feita pelo visitante:	Resposta dada pelo aluno:
Pergunta feita pelo visitante:	Resposta dada pelo aluno:
Observações: Registrar nota dada pelos avaliadores.	

8 - Avaliação final	P
<p>Pós-teste – repetir o pré-teste ou elaborar questões análoga baseada no mesmo conceito. Seguir os critérios de certo e errado como no pré-teste.</p> <p>Mapa conceitual 2 – seguir conforme no pré-teste sem a necessidade de preparação.</p>	
9 – Avaliação discente	A
Solicitar aos alunos que respondam a avaliação discente	
10 – Análise dos dados	P
<p>Análise os dados conforme especificado no corpo da dissertação. Caso queira avaliar outros parâmetros basta buscar referencial teórico na literatura, mesmos aqueles abordados aqui.</p> <p>O pós-teste também pode ser utilizado como avaliação dada aos alunos, valendo parte da nota do período.</p>	
11 - Conclusão	P
Registrar as impressões do trabalho desenvolvido bem como apontar dificuldades e sugestões de melhoria.	

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho pretende contribuir como alternativa de ensino, proporcionando sair da mesmice, daquilo que alguns consideram de maneira informal como “rami-rami”, o “cuspe e giz”. Um dos pressupostos da aprendizagem significativa reside na forma alternativa de ensino, fazer o diferente, motivar o aluno para que ele queira aprender significativamente. Sair da forma de ensino tradicional é deixar a zona de conforto para muitos profissionais da área da educação, no entanto as dificuldades superadas e os resultados obtidos são recompensadores.

Para trilhar esse caminho se faz necessário aprofundar no conhecimento buscando referenciais teóricos adequados a essa nova maneira de ensinar. Isso não pode servir de desculpa para desestimular aquele que pretende seguir esse caminho pelo contrário, a partir do momento em que se busca entender a teoria de aprendizagem é como se Sol surgisse em meio ao Céu carregado de nuvens.

Contudo para alcançar os resultados descritos aqui é preciso organização para definir muito bem o que será feito e de que forma e, disciplina para cumprir os prazos estabelecidos. Pequenas alterações são absorvidas, o que não pode é sair do controle.

Dentre todas as dificuldades possíveis a falta de recursos financeiros para a aquisição de material foi a que sobressaiu e acabou pressionando o cronograma. A solução foi o professor/mestrando custear parte dos gastos. Na próxima ocasião será levantado o recurso financeiro antes da construção, provavelmente através de doação.

Não entendam este produto como pacote fechado, adaptações certamente serão feitas ora pela própria evolução do material, ora para atender especificidades. Como exemplo, alguns professores poderão atribuir nota ao pós-teste, também aproveitar a nota recebida na feira como parte da nota do período ou até mesmo a forma e captação de recursos.

Dessa forma é possível realizar atividades alternativas que promovam a aprendizagem significativa. Para tal é necessário superar a inércia, segundo Goethe o que for possível fazer faça, coragem contém genialidade, comece agora.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. E. Óptica e geometria dinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 31, n. 3, 3302, 2009.

CATELLI, Francisco; VICENZI, Sheila. Óptica geométrica no café da manhã. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 392-313, 2002.

FERRACIOLI, Laércio. Mapas conceituais como instrumento de eliciação de conhecimento. **Revista Didática Sistemática**, v. 5, jan./ jun. 2007.

FUKE, Luiz Felipe; SHIGEKIYO, Carlos Tadashi; YAMAMOTO, Kazuhito. **Os alicerces da física 2**. São Paulo: Saraiva, 1989.

GASPAR, Alberto. **Física Ondas: Óptica: Termodinâmica 2**. 1 ed. São Paulo: Editora Ática, 2000

MENDONÇA, Conceição Aparecida Soares. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia**. 2012. Tese (Doutorado) - Programa Internacional de Doctorado Enseñanza de Las Ciências, Universidade de Burgos, Burgos, 2012.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno; Echer, Maria Pereira de Souza. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário: o Projeto Swera. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 26, n. 2, p. 145-159, 2004.

Atlas Solarimétrico do Brasil. Disponível em:

<www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf> Acesso em: 15 set. 2014.

Solar térmico: manual sobre tecnologias, projecto e instalação. Disponível em:<

<http://www.marioloureiro.net/tecnica/energSolar/guia-tecnico-manual-solartermico.pdf>> Acesso em: 15 set.2014.